

**PENGARUH SABUT KELAPA DAN KOTAK KARTON
GELOMBANG SEBAGAI PANEL AKUSTIK TERHADAP KUALITAS
AKUSTIK RUANG KELAS
STUDI KASUS : SD NEGERI JATIGUWI 02, KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ASTRI FELIA YULIATI
NIM. 145060501111052**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH SABUT KELAPA DAN KOTAK KARTON
GELOMBANG SEBAGAI PANEL AKUSTIK TERHADAP KUALITAS
AKUSTIK RUANG KELAS
STUDI KASUS : SD NEGERI JATIGUWI 02, KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik




ASTRI FELIA YULIATI
NIM. 145060501111052

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 05 Juli 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Aritektural


Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing


Andika Citraningrum, ST., MT., M.Sc
NIK. 201201 870425 2 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 11 Juli 2018
Mahasiswa,



Astri Felia Yulianti
NIM. 145060501111052





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 588/JUN10.F07.15/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

ASTRI FELIA YULIATI

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH SABUT KELAPA DAN KOTAK KARTON GELOMBANG SEBAGAI PANEL AKUSTIK
TERHADAP KUALITAS AKUSTIK RUANG KELAS
STUDI KASUS : SD NEGERI JATIGUWI 02, KABUPATEN MALANG**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **09 Juli 2018**



Dr. Engi Herry Santosa, ST., MT
NIP. 19730526 200003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St., Ph.D
NIP. 19650218 199002 1 001



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : arsftub@ub.ac.id

LEMBAR HASIL
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI

Nama : Astri Felia Yulianti
NIM : 145060501111052
Judul Skripsi : Pengaruh Sabut Kelapa dan Kotak Karton Gelombang sebagai Panel Akustik terhadap Kualitas Akustik Ruang Kelas. (Studi Kasus : SD Negeri Jatiguwi 02, Kabupaten Malang)
Dosen Pembimbing : Andika Citraningrum, ST., MT., M.Sc
Periode Skripsi : Semester Genap 2017/2018
Alamat Email : astrifelia@gmail.com

| Tanggal | Deteksi Plagiasi ke- | Plagiasi yang terdeteksi (%) | Ttd Staf LDITA |
|-------------|----------------------|------------------------------|----------------|
| 9 Juli 2018 | 1 | 5% | <i>paq</i> |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |

Malang, 9 Juli 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Andika Citraningrum, ST., MT., M.Sc
NIP. 201201 870425 2 001

Kepala Laboratorium
Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA
NIP.19531231 198403 1 009

Keterangan:

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas



Dear Ibu, Bapak, Mas deden, Mbak Yeyen, and Lala

Without the inspiration, drive, and support that you have given me, I might not be the person I am today. Because you are the best parents in the world for me. Thank you, mom and dad.

And also for my brother and sisters, over the years we've shared our joys and sorrows with each other.

RINGKASAN

Astri Felia Yuliati, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2018,
Pengaruh Sabut Kelapa dan Kotak Karton Gelombang sebagai Panel Akustik terhadap Kualitas Akustik Ruang Kelas, Dosen Pembimbing : Andika Citraningrum, ST., MT., M.Sc.

Seorang murid mampu mencapai efektifitas dalam proses belajar, apabila materi yang disampaikan oleh pengajar mampu diterima dengan baik oleh siswa. Untuk mencapai efektifitas tersebut, maka pada ruang kelas memerlukan 3 persyaratan kualitas akustik yaitu tingkat kebisingan tidak melebihi 40 dB, waktu dengung berada direntang 0.6 – 0.8 detik, serta tingkat kejelasan dalam bercakap minimal 15 dB. Akan tetapi, sekolah yang dekat dengan perlintasan kereta api yaitu SD 02 Negeri Jatiguwi, Kabupaten Malang belum memenuhi standar tersebut. Sehingga perlu pengendalian kebisingan yaitu panel akustik yang mampu meredam suara.

Membutuhkan biaya yang besar untuk menggunakan panel akustik yang dikomersialkan, maka pada penelitian ini memanfaatkan material yang berada dilingkungan sekitar yang memiliki sifat bahan berserat untuk menangkap suara seperti sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg) sebagai panel akustik pelapis dinding. Pertimbangan pemilihan material tersebut dikarenakan memiliki koefisien serap yang tinggi, mudah ditemukan, serta ramah lingkungan. Hal ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas akustik pada ruang dengan biaya yang rendah.

Dari hasil penelitian tersebut dengan memanfaatkan panel akustik tersebut dapat mereduksi suara hingga 52 % akan tetapi masih belum optimal, hal ini dikarenakan berada diatas 40 dB. Selain itu waktu dengung berada direntang 0.6 – 0.8 detik dan tingkat kejelasan dalam bercakap diatas +15 dB sehingga sudah memenuhi standar kualitas akustik pada ruang.

Kata kunci : Kebisingan, waktu dengung, kejelasan dalam bercakap, panel akustik, sabut kelapa, kotak karton gelombang, ruang kelas.

SUMMARY

Astri Felia Yuliati, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2018, *The Effect of Coconut Fiber and Corrugated Carton Box as Acoustic Panel for Classroom Acoustic Quality*, Academic Supervisor : Andika Citraningrum, ST., M.Sc

A student can achieve effectiveness in the learning process, if the lesson delivered by the teacher can be accepted by the students. In reaching that effectiveness, a standard classroom requires three acoustic qualities. Background Noise level should not exceed more than 40 dB, the reverberation time is about 0.6-0.8 seconds, and the speech intelligibility within conversation at least 15 dB. However, schools located near the railway, SD 02 Negeri Jatiguwi Village in Malang District, has not reach the standard. So that it needs noise controller such as acoustic panel that has capability in minimizing the noise impact.

It takes high cost to use the commercial acoustic panel, so in this study utilizing recycled materials that have fibrous properties to capture sounds like coconut fiber and corrugated carton box as acoustic panels. Consideration of the selection of the material cause has a high absorption, to easy to obtain, and environmentally friendly. This aim of this study is to improve the acoustic quality in space at a low cost.

From the results of this study by utilizing the acoustic panel can reduce the noise up to 52% but still not optimal, because it still above 40 dB. Other than, the reverberation time is stretched from 0.6 to 0.8 seconds and the speech intelligibility is above +15 dB so it already corresponding the standard of acoustic quality in space.

Keywords: Noise, reverberation time, speech intelligibility, acoustic panels, cardboard boxes, coconut fiber, corrugated carton box, classroom.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T atas berkat dan rahmat-Nya sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu. Dalam proses pengerjaan laporan skripsi ini, penulis tidak mungkin dapat melakukannya tanpa bantuan dari pihak lain. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Herry Santosa, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya;
2. Ibu Andika Citraningrum, ST., MT., M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi untuk bimbingan dan waktunya;
3. Ibu Eryani Nurma Yulita, ST., MT., M.Sc selaku dosen penguji I skripsi;
4. Ibu Wasiska Iyati, ST., MT. selaku dosen penguji II skripsi;
5. Bapak Sugiyat selaku Kepala Sekolah serta staff pengajar SD 02 Negeri Jatiguwi, Kabupaten Malang yang telah memberikan izin untuk pengambilan data skripsi.
6. Teman – teman Arsitektur angkatan 2014 untuk dukungannya;
7. Sahabatku Ana, Windy, Dilla, Aldilah, Putri, Evina, Nata, Cindy, Risma, Imelda, Afi, Winda, Rahayu, Venna, Teva, Chici, dan Afni yang sudah menemani dan memotivasi dalam pengerjaan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, 25 Mei 2018

Astri Felia Yulianti

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------------------|------------|
| RINGKASAN..... | i |
| SUMMARY..... | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah..... | 4 |
| 1.3 Rumusan Masalah..... | 5 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 5 |
| 1.5 Tujuan Penelitian..... | 6 |
| 1.6 Manfaat Penelitian..... | 6 |
| 1.7 Sistematika Penulisan..... | 6 |
| 1.8 Kerangka Pemikiran..... | 9 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 11 |
| 2.1 Akustik Ruang..... | 11 |
| 2.2 Bunyi..... | 11 |
| 2.2.1 Frekuensi bunyi..... | 11 |
| 2.2.2 Sifat perilaku bunyi dalam suatu ruang..... | 12 |
| 2.3 Tinjauan Sekolah..... | 13 |
| 2.3.1 Tinjauan ruang kelas | 13 |

| | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4 | Desain Akustik Ruang Kelas | 13 |
| 2.4.1 | Kebisingan | 14 |
| 2.4.2 | Waktu dengung (<i>reverberation time</i>)..... | 16 |
| 2.4.3 | <i>Speech intelligibility</i> | 17 |
| 2.5 | Kenyamanan Audial..... | 18 |
| 2.6 | Strategi Pengendalian Bising dan Waktu Dengung | 19 |
| 2.6.1 | Material akustik..... | 20 |
| 2.7 | Penelitian Terdahulu..... | 24 |
| 2.8 | Kerangka Teori | 33 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | | 35 |
| 3.1 | Metode Umum Penelitian | 35 |
| 3.2 | Lokasi dan Waktu Penelitian | 36 |
| 3.3 | Tahapan Penelitian..... | 36 |
| 3.4 | Variabel Penelitian..... | 37 |
| 3.5 | Instrumen Penelitian | 38 |
| 3.5.1 | Pengukuran eksisting | 38 |
| 3.5.2 | Kuesioner | 39 |
| 3.5.3 | Uji simulasi material pelapis untuk peredam suara | 39 |
| 3.6 | Metode Pengumpulan Data..... | 39 |
| 3.6.1 | Teknik pengumpulan data pengukuran eksisting..... | 39 |
| 3.6.2 | Kuesioner | 43 |
| 3.7 | Metode Analisis Data..... | 45 |
| 3.7.1 | Tingkat Kebisingan | 45 |
| 3.7.2 | <i>Reverberation time</i> | 45 |
| 3.7.3 | <i>Signal to noise ratio</i> | 46 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7.4 Kuesioner | 46 |
| 3.8 Metode Sintesis Data | 46 |
| 3.9 Rekomendasi Desain..... | 46 |
| 3.9.1 Simulasi menggunakan model fisik (maket)..... | 46 |
| 3.9.2 Penghitungan <i>reverberation time</i> setelah rekomendasi | 48 |
| 3.9.3 Penghitungan <i>sound reduction index</i> setelah rekomendasi..... | 48 |
| 3.9.4 Penghitungan <i>signal noise to ratio</i> setelah rekomendasi | 48 |
| 3.10 Kerangka metode penelitian..... | 49 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 51 |
| 4.1 Karakteristik Objek Eksisting | 51 |
| 4.2 Tingkat Kebisingan pada Ruang Kelas | 58 |
| 4.2.1 Hasil pengukuran ketika kondisi kelas dalam keadaan kosong | 58 |
| 4.2.2 Hasil pengukuran ketika kondisi kelas dalam keadaan kegiatan pembelajaran..... | 72 |
| 4.3 <i>Signal to Noise Ratio</i> (Rasio S/N)..... | 79 |
| 4.3.1 <i>Signal to Noise Ratio</i> pada ruang kelas 1 | 79 |
| 4.3.2 <i>Signal to Noise Ratio</i> pada ruang kelas 2 | 80 |
| 4.3.3 <i>Signal to Noise Ratio</i> pada ruang kelas 3 | 81 |
| 4.3.4 <i>Signal to Noise Ratio</i> pada ruang kelas 4 | 82 |
| 4.3.5 <i>Signal to Noise Ratio</i> pada ruang kelas 5 | 83 |
| 4.3.6 <i>Signal to Noise Ratio</i> pada ruang kelas 6 | 84 |
| 4.4 <i>Reverberation Time</i> (Waktu Dengung)..... | 86 |
| 4.4.1 <i>Reverberation time</i> ruang kelas 1 dan 4 | 87 |
| 4.4.2 <i>Reverberation time</i> ruang kelas 2 dan 3 | 90 |
| 4.4.3 <i>Reverberation time</i> ruang kelas 5 dan 6 | 93 |
| 4.5 Kuesioner Guru dan Siswa..... | 96 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5.1 Hasil kuesioner guru | 96 |
| 4.5.2 Hasil kuesioner siswa | 98 |
| 4.6 Jenis Material Akustik Pelapis Dinding | 100 |
| 4.6.1 Sabut Kelapa | 102 |
| 4.6.2 Kotak karton gelombang (kkg) | 103 |
| 4.7 Proses Pembuatan Panel Akustik | 105 |
| 4.7.1 Sabut kelapa | 105 |
| 4.7.2 Kotak karton gelombang (kkg) | 107 |
| 4.7.3 Kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg) | 107 |
| 4.8 Proses Pengujian Sampel Panel | 108 |
| 4.9 Pengaplikasian Panel Akustik pada Ruang Kelas | 112 |
| 4.10 Rekomendasi Panel Akustik dan <i>Barrier Reduction</i> pada Eksterior | 118 |
| 4.10.1 Penghitungan <i>Sound Transmission Class</i> setelah diberi rekomendasi | 119 |
| 4.10.2 Penghitungan rekomendasi ketinggian <i>barrier</i> | 121 |
| 4.10.3 <i>Sound reduction</i> ketika kereta api melintas setelah diberi rekomendasi panel akustik dan ketinggian <i>barrier</i> | 125 |
| 4.11 Rekomendasi Panel Akustik pada Interior | 129 |
| 4.11.1 Penghitungan <i>Signal noise to ratio</i> setelah diberi rekomendasi | 130 |
| 4.11.2 Penghitungan <i>Reverberation Time</i> setelah diberi rekomendasi | 131 |
| 4.12 Parameter STC pada material panel akustik | 137 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 139 |
| 5.1 Kesimpulan | 139 |
| 5.2 Saran | 141 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

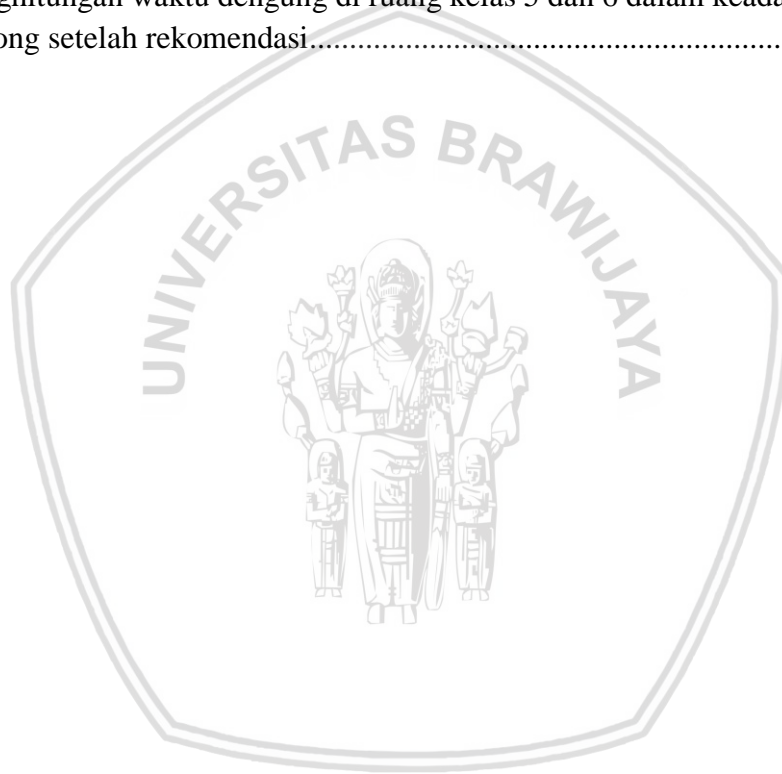
DAFTAR TABEL

| No | Judul | Halaman |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Tabel 2.1 | Baku Tingkat Kebisingan | 15 |
| Tabel 2.2 | Tingkat <i>Sound Transmission Class</i> | 21 |
| Tabel 2.3 | Koefisien absorpsi dan pengurangan intensitas suara material pelapis dinding | 22 |
| Tabel 2.4 | Penelitian terdahulu mengenai jenis material untuk meredam suara | 29 |
| Tabel 3.1 | Variabel Penelitian | 38 |
| Tabel 3.2 | Tabel tingkat kebisingan ruang dalam ketika kelas kosong | 40 |
| Tabel 3.3 | Tabel tingkat kebisingan ruang dalam ketika kelas terisi | 41 |
| Tabel 3.4 | Tabel tingkat kebisingan ruang luar kelas | 43 |
| Tabel 4.1 | Parameter <i>noise criteria</i> sesuai dengan grafik ruang kelas 1 | 57 |
| Tabel 4.2 | Parameter <i>noise criteria</i> sesuai dengan grafik ruang kelas 2 | 59 |
| Tabel 4.3 | Parameter <i>noise criteria</i> sesuai dengan grafik ruang kelas 3 | 61 |
| Tabel 4.4 | Parameter <i>noise criteria</i> sesuai dengan grafik ruang kelas 4 | 63 |
| Tabel 4.5 | Parameter <i>noise criteria</i> sesuai dengan grafik ruang kelas 5 | 65 |
| Tabel 4.6 | Parameter <i>noise criteria</i> sesuai dengan grafik ruang kelas 6 | 67 |
| Tabel 4.7 | Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4 | 84 |
| Tabel 4.8 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4 | 85 |
| Tabel 4.9 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 1 dan 4 dalam keadaan kosong | 85 |
| Tabel 4.10 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 1 kondisi terisi penghuni | 85 |
| Tabel 4.11 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 1 kondisi terisi penghuni | 86 |

| | | |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.12 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 4 kondisi terisi penghuni..... | 86 |
| Tabel 4.13 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 4 kondisi terisi penghuni..... | 86 |
| Tabel 4.14 | Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 2 dan 3 | 87 |
| Tabel 4.15 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 2 dan 3 | 87 |
| Tabel 4.16 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 2 dan 3 dalam keadaan kosong..... | 88 |
| Tabel 4.17 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 2 kondisi terisi penghuni..... | 88 |
| Tabel 4.18 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 3 kondisi terisi penghuni..... | 88 |
| Tabel 4.19 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 2 kondisi terisi penghuni..... | 89 |
| Tabel 4.20 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 3 kondisi terisi penghuni..... | 89 |
| Tabel 4.21 | Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6 | 90 |
| Tabel 4.22 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6 | 90 |
| Tabel 4.23 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 5 dan 6 dalam keadaan kosong..... | 91 |
| Tabel 4.24 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 5 kondisi terisi penghuni..... | 91 |
| Tabel 4.25 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 5 kondisi terisi penghuni..... | 91 |
| Tabel 4.26 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 6 kondisi terisi penghuni..... | 91 |
| Tabel 4.27 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 6 kondisi terisi penghuni..... | 92 |
| Tabel 4.28 | Hasil kuesioner guru SD Negeri 02 Jatiguwi | 94 |
| Tabel 4.29 | Hasil kuesioner siswa SD Negeri 02 Jatiguwi..... | 96 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.30 Koefisien absorpsi dan pengurangan intensitas suara material pelapis dinding | 98 |
| Tabel 4.31 Koefisien serap material sabut kelapa..... | 100 |
| Tabel 4.32 Koefisien serap material kotak karton gelombang (kkg) | 101 |
| Tabel 4.33 Hasil data pengujian material panel akustik | 107 |
| Tabel 4.34 Hasil rata – rata data pengujian material panel akustik | 107 |
| Tabel 4.35 SRI material kombinasi dinding dengan panel akustik..... | 116 |
| Tabel 4.36 STC pada ruang kelas 1,2,3, dan 4..... | 116 |
| Tabel 4.37 $T_{average}$ pada ruang kelas 1,2,3, dan 4 | 117 |
| Tabel 4.38 <i>Sound transmission class</i> pada ruang kelas 1, 2, 3, dan 4..... | 117 |
| Tabel 4.39 STC pada ruang kelas 5 dan 6..... | 117 |
| Tabel 4.40 $T_{average}$ pada ruang kelas 5 dan 6 | 118 |
| Tabel 4.41 <i>Sound transmission class</i> pada ruang kelas 5 dan 6..... | 118 |
| Tabel 4.42 Intensitas akhir kebisingan pada ruang kelas 1 | 122 |
| Tabel 4.43 Intensitas akhir kebisingan pada ruang kelas 2 | 123 |
| Tabel 4.44 Intensitas akhir kebisingan pada ruang kelas 3 | 123 |
| Tabel 4.45 Intensitas akhir kebisingan pada ruang kelas 4..... | 124 |
| Tabel 4.46 Intensitas akhir kebisingan pada ruang kelas 5 | 124 |
| Tabel 4.47 Intensitas akhir kebisingan pada ruang kelas 6 | 125 |
| Tabel 4.48 Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4 setelah rekomendasi | 129 |
| Tabel 4.49 Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4 setelah rekomendasi | 129 |
| Tabel 4.50 Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 1 dan 4 dalam keadaan kosong setelah rekomendasi..... | 130 |
| Tabel 4.51 Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 2 dan 3 setelah rekomendasi | 131 |

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.52 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 2 dan 3 setelah rekomendasi | 131 |
| Tabel 4.53 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 2 dan 3 dalam keadaan kosong setelah rekomendasi..... | 132 |
| Tabel 4.54 | Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6 setelah rekomendasi | 133 |
| Tabel 4.55 | Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6 setelah rekomendasi | 133 |
| Tabel 4.56 | Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 5 dan 6 dalam keadaan kosong setelah rekomendasi..... | 134 |



DAFTAR GAMBAR

| No | Judul | Halaman |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 1.1 | Diagram Kerangka Pemikiran | 9 |
| Gambar 2.1 | Perilaku gelombang bunyi pada permukaan reflektif, absorbtif, dan difusif..... | 13 |
| Gambar 2.2 | Rentang standar waktu dengung..... | 17 |
| Gambar 2.3 | Kondisi untuk menghitung reduksi <i>barrier</i> | 19 |
| Gambar 2.4 | Bagan reduksi <i>barrier</i> menurut <i>Formula Department of Transport, UK</i> | 19 |
| Gambar 2.5 | Formasi penempatan elemen akustik pada ruang kelas | 20 |
| Gambar 2.6 | Ilustrasi pengujian sampel menggunakan media maket | 24 |
| Gambar 2.7 | Kerangka Teori..... | 33 |
| Gambar 3.1 | Lokasi objek penelitian..... | 36 |
| Gambar 3.2 | Letak titik pengukuran pada ruang dalam kelas | 40 |
| Gambar 3.3 | Letak titik pengukuran pada ruang luar kelas..... | 42 |
| Gambar 3.4 | Kuesioner terkait kenyamanan audial pada siswa | 43 |
| Gambar 3.5 | Kuesioner terkait kenyamanan audial pada guru..... | 45 |
| Gambar 3.6 | Ilustrasi Model Fisik (Maket) | 47 |
| Gambar 3.7 | Kerangka Metode | 49 |
| Gambar 4.1 | Peta lokasi dan kondisi eksisting SD 02 Negeri Jatiguwi, Kabupaten Malang..... | 51 |
| Gambar 4.2 | Layout SD 02 Negeri Jatiguwi, Kabupaten Malang..... | 52 |
| Gambar 4.3 | Denah ruang kelas SD 02 Negeri Jatiguwi, Kab. Malang | 52 |
| Gambar 4.4 | (a) Jendela <i>fixed windows</i> pada ruang kelas (b) Jendela <i>awning windows</i> pada ruang kelas | 53 |
| Gambar 4.5 | (a) Rencana tipe bukaan ruang kelas 1 s/d 4 (b) Rencana tipe bukaan ruang kelas 5 s/d 6 | 53 |
| Gambar 4.6 | Detail jendela tipe J1 <i>fixed windows</i> | 54 |

| | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.7 | Detail jendela tipe J2 <i>awning windows</i> | 54 |
| Gambar 4.8 | Potongan melintang ruang kelas SD 02 Negeri Jatiguwi | 55 |
| Gambar 4.9 | Material pelingkup ruang kelas | 55 |
| Gambar 4.10 | (a) Pohon rambutan (b) Pohon nangka (c) Pohon pisang | 56 |
| Gambar 4.11 | Hasil pengukuran ruang luar pada saat kereta api melintas..... | 56 |
| Gambar 4.12 | Rambatan suara bising dari ruang luar menuju ruang kelas pada potongan | 57 |
| Gambar 4.13 | Selisih jarak perlintasan rel kereta api terhadap ruang kelas..... | 58 |
| Gambar 4.14 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 1 kondisi kosong | 59 |
| Gambar 4.15 | Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 1 | 60 |
| Gambar 4.16 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 2 kondisi kosong | 61 |
| Gambar 4.17 | Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 2 | 61 |
| Gambar 4.18 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 3 kondisi kosong | 63 |
| Gambar 4.19 | Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 3 | 64 |
| Gambar 4.20 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 4 kondisi kosong | 65 |
| Gambar 4.21 | Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 4 | 65 |
| Gambar 4.22 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 5 kondisi kosong | 67 |
| Gambar 4.23 | Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 5 | 68 |
| Gambar 4.24 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 6 kondisi kosong | 69 |
| Gambar 4.25 | Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 6 | 70 |
| Gambar 4.26 | (a) ruang kelas dalam kondisi kosong (b) vegetasi yang dekat dengan jendela sebagai pereduksi | 72 |

| | | |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.27 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 1 kondisi kegiatan pembelajaran | 72 |
| Gambar 4.28 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 2 kondisi kegiatan pembelajaran | 73 |
| Gambar 4.29 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 3 kondisi kegiatan pembelajaran | 75 |
| Gambar 4.30 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 4 kondisi kegiatan pembelajaran | 76 |
| Gambar 4.31 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 5 kondisi kegiatan pembelajaran | 77 |
| Gambar 4.32 | Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 6 kondisi kegiatan pembelajaran | 78 |
| Gambar 4.33 | Kondisi ruang kelas ketika dalam keadaan kegiatan pembelajaran | 79 |
| Gambar 4.34 | Pemetaan hasil parameter <i>signal noise to ratio</i> pada ruang kelas 1 | 80 |
| Gambar 4.35 | Pemetaan hasil parameter <i>signal noise to ratio</i> pada ruang kelas 2 | 81 |
| Gambar 4.36 | Pemetaan hasil parameter <i>signal noise to ratio</i> pada ruang kelas 3 | 82 |
| Gambar 4.37 | Pemetaan hasil parameter <i>signal noise to ratio</i> pada ruang kelas 4 | 83 |
| Gambar 4.38 | Pemetaan hasil parameter <i>signal noise to ratio</i> pada ruang kelas 5 | 84 |
| Gambar 4.39 | Pemetaan hasil parameter <i>signal noise to ratio</i> pada ruang kelas 6 | 85 |
| Gambar 4.40 | Suasana kegiatan belajar mengajar pada ruang kelas | 86 |
| Gambar 4.41 | (a) Orthografi kelas 1 & 4 (b) Orthografi kelas 2 & 3 (b) Orthografi kelas 5 & 6..... | 87 |
| Gambar 4.42 | Grafik waktu dengung pada ruang kelas 1 dan 4 | 89 |
| Gambar 4.43 | Grafik waktu dengung pada ruang kelas 2 dan 3 | 92 |
| Gambar 4.44 | Grafik waktu dengung pada ruang kelas 5 dan 6 | 95 |
| Gambar 4.45 | (a) ruang kelas kondisi terisi (b) ruang kelas kondisi kosong | 96 |
| Gambar 4.46 | Diagram hasil kuesioner guru pada pertanyaan pertama..... | 97 |
| Gambar 4.47 | Diagram hasil kuesioner guru pada pertanyaan kedua | 97 |

| | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.48 | Diagram hasil kuesioner guru pada pertanyaan ketiga | 98 |
| Gambar 4.49 | Diagram hasil kuesioner siswa pada pertanyaan pertama | 99 |
| Gambar 4.50 | Diagram hasil kuesioner siswa pada pertanyaan kedua..... | 99 |
| Gambar 4.51 | Diagram hasil kuesioner siswa pada pertanyaan ketiga | 100 |
| Gambar 4.52 | Sabut Kelapa Kering..... | 102 |
| Gambar 4.53 | Kotak karton gelombang (kkg)..... | 104 |
| Gambar 4.54 | Sabut kelapa yang sudah kering | 105 |
| Gambar 4.55 | Serat sabut yang sudah dipisahkan | 105 |
| Gambar 4.56 | Proses perekatan antar sabut kelapa..... | 106 |
| Gambar 4.57 | Proses pencetakan sampel | 106 |
| Gambar 4.58 | Panel akustik sabut kelapa..... | 106 |
| Gambar 4.59 | Kotak karton gelombang yang sudah dipotong | 107 |
| Gambar 4.60 | Perekatan kotak karton gelombang..... | 107 |
| Gambar 4.61 | Panel Akustik kotak karton gelombang..... | 107 |
| Gambar 4.62 | Panel Akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang | 108 |
| Gambar 4.63 | Eksperimen material akustik (a) Tanpa material (b) sabut kelapa (c) kotak katon gelombang (d) kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang | 108 |
| Gambar 4.64 | Grafik hasil penghitungan simulasi panel akustik | 111 |
| Gambar 4.65 | Perletakan panel akustik pada layout..... | 112 |
| Gambar 4.66 | Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting tanpa elemen akustik pada dinding belakang | 112 |
| Gambar 4.67 | Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting dengan elemen akustik pada dinding belakang | 113 |
| Gambar 4.68 | Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting tanpa elemen akustik pada dinding samping | 114 |

| | | |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.69 | Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting dengan elemen akustik pada dinding samping | 114 |
| Gambar 4.70 | Perletakan panel pada ruang kelas 1 dan 4 | 115 |
| Gambar 4.71 | Perletakan panel pada ruang kelas 2 dan 3 | 116 |
| Gambar 4.72 | Perletakan panel pada ruang kelas 5 dan 6 | 116 |
| Gambar 4.73 | Perletakan panel pada facade belakang ruang kelas 5 dan 6 | 116 |
| Gambar 4.74 | Perletakan panel pada façade belakang ruang kelas 1, 2, 3, dan 4 | 117 |
| Gambar 4.75 | Konstruksi Pemasangan panel aksutik pada dinding..... | 117 |
| Gambar 4.76 | Hasil reduksi rekomendasi <i>barrier</i> pada ruang kelas 1 | 122 |
| Gambar 4.77 | Hasil reduksi rekomendasi <i>barrier</i> pada ruang kelas 2 | 122 |
| Gambar 4.78 | Hasil reduksi rekomendasi <i>barrier</i> pada ruang kelas 3 | 123 |
| Gambar 4.79 | Hasil reduksi rekomendasi <i>barrier</i> pada ruang kelas 4 | 123 |
| Gambar 4.80 | Hasil reduksi rekomendasi <i>barrier</i> pada ruang kelas 5 | 124 |
| Gambar 4.81 | Hasil reduksi rekomendasi <i>barrier</i> pada ruang kelas 6 | 124 |
| Gambar 4.82 | Titik ukur kebisingan ketika kereta api melintas..... | 125 |
| Gambar 4.83 | Grafik <i>sound reduction</i> pada ruang kelas | 128 |
| Gambar 4.84 | Rambatan suara bising dari ruang luar menuju ruang kelas setelah diberi panel akustik..... | 129 |
| Gambar 4.85 | Grafik <i>SNR</i> pada ruang kelas..... | 131 |
| Gambar 4.86 | Grafik waktu dengung pada ruang kelas 1 dan 4 setelah diberi rekomendasi..... | 133 |
| Gambar 4.87 | Grafik waktu dengung pada ruang kelas 2 dan 3 setelah diberi rekomendasi..... | 135 |
| Gambar 4.88 | Grafik waktu dengung pada ruang kelas 5 dan 6 setelah diberi rekomendasi..... | 137 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No | Judul | Halaman |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|---------|
| Lampiran 1. | Tabel Koefisien Serap | 143 |
| Lampiran 2. | Tabel <i>Sound Reduction Index</i> | 144 |
| Lampiran 3. | Grafik waktu dengung | 145 |
| Lampiran 4. | Layout Penempatan panel akustik | 146 |
| Lampiran 5. | Denah Ruang kelas | 147 |
| Lampiran 6. | Denah Tipikal Ruang kelas 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 | 148 |
| Lampiran 7. | Potongan Ruang Kelas | 149 |
| Lampiran 8. | Potongan Melintang Ruang Kelas | 150 |
| Lampiran 9. | Penempatan Panel Akustik pada Potongan Melintang Ruang Kelas | 151 |
| Lampiran 10. | Potongan Membujur Ruang Kelas | 152 |
| Lampiran 11. | Penempatan Panel Akustik pada Potongan Membujur Ruang Kelas | 153 |
| Lampiran 12. | Detail Fixed Windows | 154 |
| Lampiran 13. | Detail Awning Windows | 155 |
| Lampiran 14. | Analisis Penyebaran Suara pada Dinding Belakang | 156 |
| Lampiran 15. | Analisis Penyebaran Suara pada Dinding Samping | 157 |
| Lampiran 16. | Interior ruang kelas 1 dan 4 setelah diberi rekomendasi Panel Akustik.. | 158 |
| Lampiran 17. | Interior ruang kelas 2 dan 3 setelah diberi rekomendasi Panel Akustik.. | 159 |
| Lampiran 18. | Interior ruang kelas 5 dan 6 setelah diberi rekomendasi Panel Akustik.. | 160 |
| Lampiran 19. | Exterior ruang kelas setelah diberi rekomendasi panel akustik | 161 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekolah merupakan sebuah lembaga / institusi yang dirancang untuk melakukan suatu pengajaran maupun mendidik siswa dengan cara dibimbing dan diawasi oleh guru. Dalam kegiatan proses belajar mengajar biasanya dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal yaitu kondisi lingkungan sekitarnya. Untuk mencapai efektivitas suatu proses belajar mengajar, dapat dilakukan dengan salah satu cara yaitu mengamati kenyamanan murid terutama saat proses dalam kegiatan pembelajaran berlangsung. Salah satu indra yang sangat berperan dalam proses pembelajaran pada siswa ialah menggunakan indra pendengaran (Siverman & Felder, 1988). Dari fakta tersebut menunjukkan bahwa ruang kelas harus memiliki kondisi akustik ruang yang baik. Sehingga interaksi antara siswa dengan guru dalam proses suatu belajar mengajar akan berjalan dengan baik apabila materi yang tersampaikan dapat diterima baik oleh siswa.

Sekolah membutuhkan kawasan lingkungan yang jauh dari kebisingan dan tenang. Menurut Djunaedi (2003) murid mampu mendengarkan pelajaran dengan baik apabila memiliki dua persyaratan. Pertama, lingkungan sekolah yang tidak memiliki masalah dalam hal kebisingan. Kebisingan ini dapat bersumber dari kereta api ketika melintas, suara yang berasal dari kelas sebelah, maupun aktivitas yang berasal dari luar sekolah. Kedua, memiliki waktu dengung yang rendah. Waktu dengung merupakan parameter untuk menunjukkan cepat atau lambatnya suara menghilang di dalam suatu ruang. Apabila waktu dengung yang ditimbulkan semakin cepat maka suara itu cepat menghilang atau tidak bertahan lama di dalam suatu ruang dan begitupun sebaliknya. Berdasarkan acuan ANSI-SI2.60 tahun 2002 untuk Standar Kualitas Akustik Bangunan Sekolah menggunakan dua kriteria untuk menentukan kualitas akustik ruang kelas. Pertama, kebisingan pada lingkungan menetapkan untuk seluruh ruangan kelas memiliki standar yaitu maksimal 35 dBA. Kedua, memiliki waktu dengung maksimal 0,8 detik. Selain kedua parameter tersebut menurut ASHA dalam dunia pendidikan dibutuhkan parameter kejelasan dalam bercakap yaitu selisih intensitas sumber sinyal (suara pengajar) dengan sumber kebisingan yang terjadi. Standar kejelasan dalam bercakap tidak boleh kurang dari + 15 dB.

Akan tetapi dalam kenyataannya, untuk daerah yang dekat dengan perlintasan rel kereta api, sulit mendapatkan lokasi yang tenang. Seperti disalah satu sekolah yang berada di SD 02 Negeri Jatiguwi Kabupaten Malang. Lokasi bangunan sekolah ini berjarak 15 meter dengan perlintasan rel kereta api yang dibatasi dengan *barrier* vegetasi dan pepohonan. Interval waktu antar kereta api adalah 10 hingga 45 menit ketika melintas. Selama jam aktif kegiatan pembelajaran dari jam 07.00 hingga jam 12.00 kereta api melintas sebanyak 12 kali. Sehingga memiliki tingkat kebisingan yang tinggi pada ruang kelas. Ruang kelas yang dekat dengan perlintasan rel kereta api pada sekolah ini adalah ruang kelas 1 sampai dengan kelas 6. Pada ruang kelas 1 s/d kelas 4 memiliki 3 tipe *fixed windows* dengan material kaca memiliki dimensi 100 cm x 40 cm dan 3 jendela jalusi di atas *fixed windows* dengan material kayu memiliki ukuran 100 cm x 40 cm di setiap kelasnya. Sedangkan pada ruang kelas 5 s/d 6 memiliki 1 tipe *fixed windows* dengan material kaca memiliki ukuran 100 cm x 100 cm, 1 tipe *awning windows* dengan material kaca memiliki ukuran 100 cm x 100 cm, dan 2 jendela jalusi (kisi – kisi jendela) dengan material kayu memiliki ukuran 100 cm x 40 cm di setiap kelasnya. Akan tetapi pada material kaca tersebut dalam pemasangannya kurang rapat sehingga suara yang berasal dari kendaraan bermotor yang melintas maupun gesekan roda kereta api pada rel ketika melintas tidak dapat diredam dengan baik. Selain itu suara bising yang berasal dari aktivitas luar bangunan masuk melalui celah dari jendela jalusi serta sudut bukaan pada tipe *awning windows*. Material dinding untuk pembatas ruang luar dengan ruang dalam yang digunakan pada bangunan sekolah ini adalah batu bata yang memiliki ketebalan dinding 15 cm. Kondisi dari material ini pada dinding luar mengalami kerusakan seperti keretakan di sepanjang dinding karena pengaruh dari cuaca dan usia bangunan yang sudah tua. Sehingga material ini tidak dapat bekerja dengan baik untuk meredam suara.

Pada ruang kelas memiliki material pelingkup bersifat memantul pada area dinding, lantai, serta plafon. Tidak adanya material yang bersifat menyerap, sehingga memiliki waktu dengung yang tinggi pada ruang kelas tersebut. Dampak dari tingginya waktu dengung adalah meningkatnya suara pantulan maka suara yang dihasilkan tidak dapat terdengar dengan jelas. Selain itu tingkat kebisingan yang tinggi dari sumber kereta api melintas dibandingkan intensitas suara guru, menghasilkan rendahnya kejelasan dalam bercakap pada ruang kelas. Sehingga apabila kereta api melintas beberapa guru harus menaikkan volume suara dan berhenti sejenak dalam menyampaikan materi, tentu ini mengganggu konsentrasi dalam kegiatan belajar mengajar.

Kebisingan yang tinggi dapat menyebabkan terganggunya fisiologis, dan dapat menurunkan daya konsentrasi pada siswa. Menurut Hartanto (2009) Tingkat kebisingan pada ruang kelas yang semakin tinggi maka konsentrasi belajar pada siswa semakin rendah. Menurut Satwiko (2008) strategi utama yang dapat dilakukan dalam mengurangi kebisingan, yakni memanfaatkan bahan yang dapat meredam suara pada elemen bangunan salah satunya adalah panel akustik. Semakin tinggi *Transmission Loss* pada panel akustik maka semakin besar pula suara dapat direduksi. Bahan yang berpori, panel serta resonator merupakan jenis bahan material yang mampu meredam suara (Cox, 2009).

Salah satu faktor yang mempengaruhi suatu penyerapan material adalah luas permukaan material. Semakin luas permukaan material maka semakin besar material tersebut mampu mereduksi suara dengan baik. Salah satu pelingkup bangunan yang memiliki luas permukaan paling besar adalah dinding. Oleh karena itu pada ruangan kelas yang akan diteliti membutuhkan material akustik pada dinding untuk mereduksi suara dan waktu dengung yang berasal dari bising eksternal maupun internal. Butuhnya biaya yang tinggi untuk menambahkan panel akustik pada suatu ruang yang beredar di pertokoan, maka pada penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan bahan – bahan daur ulang yang berada disekitar kita untuk dikembangkan menjadi alternatif material panel akustik. Salah satunya sabut kelapa merupakan material organik dan kotak karton gelombang merupakan material anorganik.

Indonesia merupakan penghasil kelapa dalam wujud kelapa kering dengan jumlah yang besar. Salah satu yang dapat dimanfaatkan dalam meredam suara adalah sabut kelapa. Menurut Ainie Khuriati (2006) hal ini dikarenakan sabut kelapa memiliki struktur yang hampir sama dengan bahan peredam suara yang dikomersialkan. Sedangkan kotak karton gelombang merupakan sampah anorganik yang mudah ditemui dikarenakan 90% industri menggunakan kotak karton gelombang sebagai kemasan dalam mendistribusikan barang. Kotak karton gelombang tersebut dapat digunakan sebagai bahan peredam suara, hal ini dikarenakan pada material tersebut memiliki *flute* untuk menangkap suara. Di Jepang perusahaan VIBE memanfaatkan kotak karton gelombang tersebut sebagai kotak kedap suara yang diberi nama “Danbocchi” (Japanesestation,2014). Sedangkan dalam proses pembuatan bahan material tersebut menjadi panel akustik mudah untuk diterapkan. Dalam pembuatan material tersebut hanya membutuhkan lem untuk merekatkan bahan tersebut.

Selain sabut kelapa dan kotak karton gelombang, beberapa penelitian melakukan eksperimen terkait bahan bahan yang ramah lingkungan menjadi panel akustik alternatif. Seperti halnya menurut Noviandri (2016) kain katun dan denim yang merupakan sampah

anorganik mampu mereduksi hingga 25 dB. Akan tetapi kekurangan dari material tersebut sulit mendapatkan kain dengan ketebalan yang sama, selain itu tidak mampu menahan cuaca panas dan air hujan untuk dinding luar. Selain itu menurut M. Pedroso (2017) terdapat bulu domba yang merupakan sampah organik yang berasal dari binatang. Pada penelitian tersebut peneliti mencoba melakukan eksperimen untuk mengetahui koefisien serap pada bulu domba sebagai panel akustik. Dari hasil penelitian tersebut menghasilkan koefisien serap yang cukup tinggi yaitu dengan rerata 0.82 pada frekuensi 2000 Hz. Akan tetapi kekurangan dari material tersebut yang pada hal *maintenance* yang cukup mahal dan sulit untuk mendapatkan material tersebut. Sedangkan sampah organik yang berasal dari tanaman menurut Pratiwi (2017) serat pinang dapat dimanfaatkan sebagai panel akustik dengan koefisien serap 0.57 pada frekuensi 2000 Hz. Akan tetapi kekurangan dari serat pinang yaitu dalam pengolahan bahan tersebut menjadi panel akustik. Sehingga, dari hasil pemaparan terkait beberapa penelitian dengan kekurangan dan kelebihan dari masing masing material. Maka terpilihlah kotak karton gelombang dan sabut kelapa sebagai bahan penelitian untuk dimanfaatkan sebagai panel akustik pelapis dinding. Dikarenakan secara potensi untuk mendapatkan material sabut kelapa dan kotak karton gelombang cukup mudah untuk didapatkan, tidak membutuhkan biaya yang tinggi dan ramah lingkungan.

Berdasarkan dari pemaparan mengenai masalah kebisingan pada bangunan sekolah yaitu kondisi material yang tidak mampu bekerja dengan baik untuk meredam kebisingan, pelingkup ruang kelas yang bersifat memantul, serta tingginya biaya panel akustik yang sudah beredar di pertokoan. Maka peneliti tertarik untuk melaksanakan penelitian mengenai “Pengaruh Sabut Kelapa dan Kotak Karton Gelombang sebagai Panel Akustik terhadap Kualitas Akustik Ruang Kelas”. Dengan mengambil studi kasus SD Negeri Jatiguwi 02, Kabupaten Malang. Dimana lokasi sekolah ini memiliki jarak 15 meter dengan rel kereta api sehingga berpeluang memiliki kebisingan yang tinggi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah mengenai kebisingan dan pengaruh material sabut kelapa dan kotak karton gelombang sebagai panel akustik terhadap kualitas akustik ruang kelas dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Lokasi SD 02 Negeri Jatiguwi Kabupaten Malang yang berjarak 15 meter dengan perlintasan rel kereta api dengan interval waktu antar kereta api adalah 30 menit ketika melintas sehingga terjadi kebisingan yang tinggi pada ruang kelas.
2. Ruang kelas yang dekat dengan perlintasan rel kereta api yaitu kelas 1 sampai dengan kelas 6 sehingga konsentrasi belajar menurun ketika kereta api melintas.

3. Pada sekolah ini memiliki 2 jenis jendela kaca yaitu jendela mati dan jendela hidup yang dalam pemasangannya kurang rapat sehingga tidak mampu bekerja dengan baik dalam meredam suara dan terdapat jendela jalusi sehingga suara dapat masuk melalui celah jendela.
4. Material dinding batu bata yang mengalami kerusakan dan keretakan di sepanjang dinding sehingga dalam meredam suara tidak dapat bekerja dengan baik.
5. Pelingkup ruang dalam kelas pada area dinding, plafon, serta lantai yang bersifat memantul sehingga memiliki waktu dengung yang tinggi dan nilai kejelasan dalam bercakap rendah.

1.3 Rumusan Masalah

Lokasi Sekolah Dasar yang berada di dekat rel kereta api tentunya mengalami permasalahan dalam proses pembelajaran ketika kereta api melintas. Dari uraian tersebut dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kualitas akustik eksisting pada ruang kelas terhadap standar *background noise level*, *reverberation time* dan *speech intelligibility* ?
2. Bagaimana pengaruh material sabut kelapa dan kotak karton gelombang sebagai panel akustik terhadap standar *background noise level*, *reverberation time*, dan *speech intelligibility* dan tingkat *sound transmission class* pada material tersebut ?

1.4 Batasan Masalah

Agar tujuan penelitian tercapai, maka penulis perlu menentukan beberapa batasan, sebagai berikut :

1. Ruang yang akan diteliti adalah ruang kelas yang dekat dengan rel perlintasan kereta api yaitu ruang kelas 1 sampai dengan kelas 6.
2. Fokus penelitian yaitu pada jenis material akustik pelapis dinding luar dan dinding dalam.
3. Pengukuran tingkat kebisingan akan dilakukan langsung di lapangan menggunakan alat *Sound Level Meter* merk Lutron SL- 4012.
4. Metode yang akan di terapkan adalah metode eksperimental dengan melakukan uji simulasi.
5. Uji simulasi pemilihan material akustik pelapis dinding dalam dan dinding luar menggunakan media maket dengan acuan jurnal nasional dan internasional yang terverifikasi.
6. Koefisien serap dari jenis material akustik mengacu pada referensi jurnal yang terverifikasi nasional.

7. Proses pembuatan panel akustik dengan bahan sabut kelapa dan kotak karton gelombang menggunakan acuan dari jurnal yang bersertifikasi nasional dengan sumber (Khuriati, 2006 & Kurniawan, 2015).

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian terkait pengaruh material sabut kelapa dan kotak karton gelombang sebagai panel akustik terhadap kualitas akustik sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi secara eksisting standar *background noise level*, *reverberation time* dan *speech intelligibility* pada ruang kelas.
2. Mengetahui pengaruh material sabut kelapa dan kotak karton gelombang sebagai panel akustik pelapis dinding terhadap standar *background noise level*, *reverberation time*, dan *speech intelligibility* dan tingkat *sound transmission class* pada material tersebut.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian mengenai “Pengaruh Sabut Kelapa dan KKG sebagai Panel Akustik Pelapis Dinding terhadap Desain Akustik Ruang Kelas” dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Hasil penelitian berupa eksperimen mengenai jenis material yang mampu mereduksi kebisingan yang dapat dipakai sebagai pertimbangan untuk mencapai kenyamanan audial pada ruang kelas yang sudah ada.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang jenis material terhadap kenyamanan audial pada ruang kelas yang memiliki gangguan kebisingan ketika rel kereta api melintas.

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian mengenai “Pengaruh Sabut Kelapa dan KKG sebagai Panel Akustik Pelapis Dinding terhadap Desain Akustik Ruang Kelas” ini akan dipaparkan dalam lima bab yaitu :

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan Penelitian, manfaat penelitian, sistematika penelitian, serta kerangka pendahuluan yang berisi gambaran secara singkat isi dari bab pendahuluan. Pada latar belakang menguraikan tentang kawasan sekolah yang membutuhkan kawasan yang tenang akan tetapi pada kenyataannya pada daerah yang dekat dengan perlintasan rel kereta sulit mendapatkan lokasi yang tenang. Sehingga untuk mencapai desain akustik yang baik pada ruang kelas dibutuhkan material yang mampu mereduksi kebisingan dan

waktu dengung. Besarnya biaya yang dibutuhkan untuk menambahkan material panel akustik pada ruang maka memanfaatkan material yang berasal dari daur ulang untuk mengembangkan panel akustik. Sehingga memiliki rumusan masalah yaitu bagaimana *background noise level*, *reverberation time*, dan *speech intelligibility* pada desain akustik eksisting pada ruang kelas, bagaimana pengaruh jenis material daur ulang dan *barrier reduction* terhadap tingkat kebisingan, bagaimana pengaruh jenis material daur ulang serta bagaimana tingkat *sound transmission class* pada jenis material daur ulang sebagai panel akustik

Bab II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini menjelaskan mengenai teori mendasar akustik pada ruang, sumber kebisingan, baku tingkat kebisingan, pengukuran tingkat kebisingan, waktu dengung, konsentrasi belajar pada siswa, strategi pengendalian kebisingan, jenis material yang mampu mereduksi kebisingan, serta tingkat *sound reduction* pada material.

Bab III : Metode Penelitian

Pada bab ini menyajikan lokasi dan waktu penelitian, metode penelitian, variabel penelitian, instrumen penelitian serta langkah – langkah dalam mengumpulkan data mengenai keadaan akustik ruang kelas secara eksisting dimana data yang diambil menggunakan alat *Sound Level Meter* serta menghitung waktu dengung dengan menggunakan rumus yang berada di bab Tinjauan Pustaka, simulasi mengenai material yang dipilih menggunakan eksperimen dengan model fisik (maket), serta pengamatan dengan lembar penilaian untuk mengetahui kenyamanan audial pada siswa SD 02 Negeri Jatiguwi Kabupaten Malang.

Bab IV : Hasil dan Pembahasan

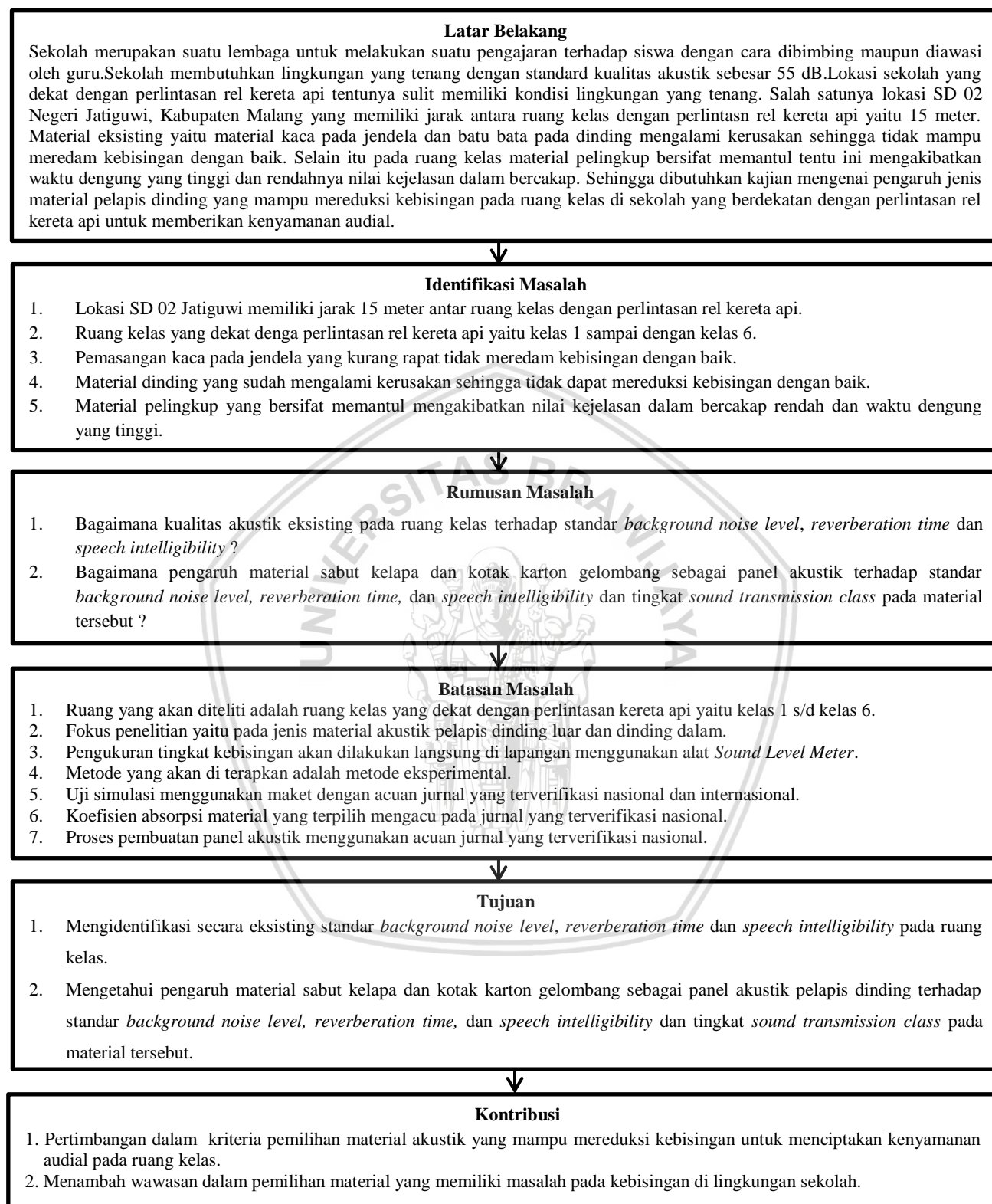
Pada bab ini menjelaskan analisa dari hasil pengukuran mengenai tingkat kebisingan dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Melakukan penghitungan *reverberation time* dan *speech intelligibility* dengan rumus yang ada ditinjauan pustaka. Melakukan analisa hasil kuesioner dengan membandingkan dengan hasil analisis terkait dengan *background noise level*, *reverberation time*, serta *speech intelligibility*. Lalu pemilihan material yang dipilih berdasarkan jurnal untuk mereduksi kebisingan melalui eksperimen menggunakan model fisik (maket). Menganalisa hasil rekomendasi dengan material yang sudah dipilih terhadap *background noise level*, *reverberation time*, serta *speech intelligibility*.

Bab V : Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini penulis menyajikan beberapa kesimpulan yang didapat selama proses penelitian. Serta menyajikan harapan yang diinginkan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya.



1.8 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.1 Diagram Kerangka Pemikiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Akustik Ruang

Akustik merupakan ilmu yang menguasai tentang suatu bunyi atau suara (Satwiko, 2009). Akustik pada arsitektur dibagi menjadi dua, yaitu akustika ruang (*room acoustics*) yaitu mempelajari tentang bunyi yang diharapkan dan kontrol kebisingan (*Noise Control*) yaitu mempelajari suatu bunyi yang tidak diharapkan (Ching, 2009). Tujuan untuk menerapkan sistem akustik pada ruang yaitu untuk memberikan suatu kondisi dimana bunyi yang terdengar jelas, merata, tidak berdengung, serta tidak terjadinya kebisingan. Kondisi tersebut dapat dicapai dengan bergantung pada perancangan akustik pada ruang, konstruksi pada bangunan, serta pemilihan material yang digunakan.

2.2. Bunyi

Bunyi dapat dihasilkan melalui benda yang bergetar. Selain itu adanya medium untuk melakukan perambatan bunyi dan adanya penerima yang berada di dalam jangkauan sumber bunyi. Setiap individu memiliki persepsi yang berbeda dalam mendengar untuk kuat atau lemahnya bunyi.

2.2.1 Frekuensi bunyi

Frekuensi merupakan suara yang sampai di telinga pendengar setiap detiknya melalui jumlah gelombang - gelombang suara dan dinyatakan dalam jumlah getaran per Hertz (Hz). Berdasarkan frekuensinya, suara dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. *Infrasound* yaitu gelombang bunyi yang ditimbulkan berada di bawah frekuensi bunyi 20 Hz. Bunyi ini hanya bisa ditangkap oleh indra pendengaran binatang seperti jangkrik dan anjing.
2. *Sound* yaitu gelombang bunyi yang ditimbulkan berada di antara frekuensi bunyi 20 Hz sampai dengan 20.000 Hz. Bunyi ini bisa ditangkap oleh indra pendengaran manusia.
3. *Ultrasound* yaitu gelombang bunyi yang ditimbulkan berada di atas frekuensi bunyi 20.000 Hz. Bunyi ini hanya bisa di tangkap oleh indra pendengaran binatang seperti kelelawar, lumba – lumba, dan anjing.

2.2.2 Sifat perilaku bunyi dalam suatu ruang

Gelombang bunyi dapat merambat melalui suatu medium perantara yaitu berupa cair, gas, dan padat. Udara atau gas merupakan medium perantara gelombang bunyi yang paling sering menjadi perantara. Perambatan tersebut dinamakan perambatan secara *airborne* atau dapat didefinisikan sebagai suatu keadaan yang mengalami getaran ketika sumber bunyi menyentuh molekul molekul udara disekitarnya. Apabila getaran menyentuh suatu bidang pembatas, kemungkinan terjadinya perambatan melalui benda padat. Perilaku bunyi apabila mengenai bidang pembatas dapat berupa :

1. Pemantulan bunyi (*reflection*)

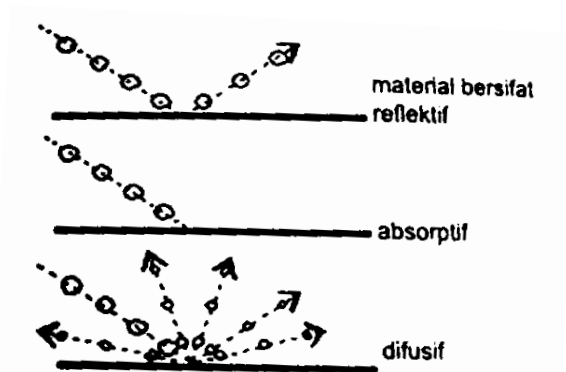
Gelombang bunyi yang mengenai suatu permukaan dapat menyebabkan sebagian energi tersebut dipantulkan oleh permukaan dinamakan pemantulan. Pemantulan yang terjadi dalam suatu ruang berfungsi menyebarkan gelombang bunyi dan meningkatkan intensitas bunyi. Pemantulan bunyi sangat dibutuhkan untuk akustik pada suatu ruang apabila waktu pemantulan yang datang sangat pendek terhadap bunyi yang langsung. Sebaliknya, apabila waktu pemantul yang datang panjang maka akan menimbulkan *echo*.

2. Penyerapan bunyi (*absorption*)

Gelombang bunyi yang sisa sebagian energi yang terserap oleh suatu permukaan dinamakan penyerapan bunyi. Koefisien absorpsi dinyatakan dalam angka 0 – 1. Angka 0 mempresentasikan permukaan tersebut memantul dengan sempurna sedangkan angka 1 mempresentasikan permukaan tersebut menyerap dengan sempurna. Penyerapan bunyi dengan bahan berpori untuk mengubah energi bunyi menjadi energi panas melalui gesekan molekul udara. Pada bahan ini bekerja dengan baik pada frekuensi yang tinggi. Lain halnya dengan penyerapan bahan panel dan resonator yang mampu bekerja dengan baik pada frekuensi rendah.

3. Penyebaran bunyi (*diffusion*)

Memperbaiki pemantulan bunyi yang tidak dikehendaki pada ruangan sehingga menghasilkan bunyi secara merata. Gelombang bunyi ini akan menjadi lebih baik apabila adanya perbedaan jarak tempuh dan sudut pantul dari sumber bunyi.



Gambar 2.1 Perilaku gelombang bunyi pada permukaan reflektif, absorbtif, dan difusif

Sumber: Mediastika, 2009:71

2.3. Tinjauan Sekolah

Sekolah merupakan tempat menerima informasi mengenai ilmu pengetahuan serta menambah wawasan. Menurut Suharjo (2006) Sekolah dasar adalah suatu lembaga yang bergerak didunia pendidikan dimana memiliki program pendidikan selama enam tahun bagi usia 6 - 12 tahun. Sekolah pada umumnya didirikan untuk mendukung adanya kegiatan pembelajaran, yang dimana sebagian besar menggunakan suara dan pendengaran untuk memenuhi kegiatan tersebut. Oleh karena itu akustik sangat dibutuhkan karena untuk menentukan seberapa baik bangunan sekolah dapat melayani fungsi utama mereka yaitu membentuk kepribadian secara individu dan mendidik untuk mendapatkan wawasan yang luas.

2.3.1 Tinjauan ruang kelas

Ruang kelas adalah suatu ruang untuk melaksanakan kegiatan berlangsungnya belajar mengajar. Ruang kelas yang tenang dengan *background noise level* dan waktu dengung yang rendah akan memudahkan murid untuk menerima wawasan pelajaran. Apabila ruangan memiliki kebisingan yang tinggi, maka guru akan mengalami kesulitan dalam menerangkan pelajaran. Maka volume guru harus lebih keras dibandingkan kebisingan yang terjadi pada ruang tersebut.

2.4. Desain Akustik Ruang Kelas

Menurut Sarwono (2014), pada usia 15 tahun otak manusia baru mampu berkembang dengan sempurna. Hal ini berpengaruh pada kemampuan manusia pada pendengaran, karena sistem saraf pendengaran sangat berpengaruh pada perkembangan

otak. Sehingga, kondisi lingkungan pada ruang kelas terutama sekolah dasar sangat diperhatikan terkait akustik ruang dibandingkan ruang untuk orang dewasa.

Faktor penting yang sangat dibutuhkan dalam desain akustik pada ruang kelas adalah *background noise level*, *reverberation time*, dan *signal noise to ratio (SNR)* (Sarwono, 2014).

2.4.1 Kebisingan

Kebisingan merupakan sumber bunyi yang dapat mengganggu, mengalihkan perhatian, serta berbahaya bagi kegiatan sehari-hari. Kebisingan yang memiliki frekuensi tinggi dianggap mengganggu kenyamanan audial pada manusia dibandingkan dengan kebisingan yang memiliki frekuensi lebih rendah.

A. Sumber kebisingan kereta api

Sumber kebisingan yang memiliki sifat terputus – putus dan tidak menetap (*Intermettion Noise*) yaitu bising lalu lintas, bising kereta api, suara pesawat (Suma'mur, 2009). Menurut (Septia, 2010) sumber kebisingan yang berasal dari kereta api adalah :

1. Kebisingan Traksi yaitu bersumber dari kebisingan knalpot, mesin diesel, serta mesin dan transmisi getaran.
2. Kebisingan yang berasal dari rel maupun roda dari kereta api
3. Kebisingan alat bantu yaitu bersumber dari kebisingan sistem rem dan composer
4. Kebisingan aerodinamis yaitu bersumber pada perjalanan kereta api melalui udara
5. Kebisingan yang bersumber dari bunyi klakson apabila memasuki stasiun atau melalui daerah yang padat aktivitas permukiman serta melalui persimpangan jalan.
6. Frekuensi mobilitas kereta dari jumlah maupun kecepatan kereta api.

B. Baku tingkat kebisingan

Batas maksimal tingkat pada kebisingan yang diperbolehkan atau tidak, telah ditentukan oleh SNI 03-6386-2000. Karena kebisingan dapat menimbulkan gangguan pada kenyamanan dan kesehatan pada manusia.

Tabel 2.1
Baku Tingkat Kebisingan

| Jenis Hunian | Tingkat Kebisingan yang dianjurkan (dBA) | Batas maksimum tingkat kebisingan (dBA) |
|-----------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Bangunan Pendidikan | | |
| 1. Kantin dan Pertokoan | 40 | 50 |
| 2. Ruang Kelas | | |
| - Kelas Tersendiri | 35 | 40 |
| - Kelas Terbuka | 40 | 45 |
| 3. Ruang Konsultasi | 40 | 45 |
| 4. Laboratorium | | |
| - Kelas | 35 | 40 |
| 5. Ruang Kelas s/d 50 Kursi | 30 | 35 |
| 6. Perpustakaan | | |
| - Ruang Baca | 40 | 45 |
| - Ruang Buku | 45 | 50 |
| 7. Ruang Kesehatan | 40 | 45 |
| 8. Ruang Kantor | 30 | 35 |

Sumber : SNI 03-6386, 2000

C. Skala pengukuran tingkat kebisingan

Dalam mengukur tingkat kebisingan pada suatu tempat yaitu menggunakan skala pengukuran untuk mengukur tingkat kebisingan yang mendekati respons terhadap frekuensi agar menyesuaikan dengan respon pada telinga manusia. Skala pengukuran tersebut di bedakan menjadi :

1. Skala Pengukuran A / *A- Weighted*

Skala pengukuran ini berfungsi untuk melihat perbedaan kepekaan bunyi pada reaksi telinga manusia untuk intensitas rendah

2. Skala Pengukuran B / *B- Weighted*

Skala pengukuran ini berfungsi untuk melihat perbedaan kepekaan bunyi pada reaksi telinga manusia untuk intensitas sedang

3. Skala Pengukuran C / *C- Weighted*

Skala pengukuran ini berfungsi untuk melihat perbedaan kepekaan bunyi pada reaksi telinga manusia untuk intensitas tinggi.

Skala yang digunakan dalam pengukuran secara langsung pada lapangan yaitu menggunakan skala pengukuran A (dBA). Karena skala pengukuran kebisingan dBA merupakan respons yang mewakili batasan pendengaran pada telinga manusia.

2.4.2 Waktu dengung (*reverberation time*)

Bunyi yang mengalami perpanjangan akibat adanya pemantulan suara yang berulang – ulang di dalam ruang tertutup setelah sumber dari bunyi tersebut hilang, dimana memberikan pengaruh terhadap kondisi pendengar. Waktu dengung atau *reverberation time* adalah waktu yang dibutuhkan oleh bunyi yang dihentikan seketika untuk menurunkan intensitas bunyi sebesar 60 dB dalam hitungan detik. (Satwiko, 2014). Setiap ruang memiliki standard waktu dengung yang berbeda – beda. Ruangan akan memberikan kesan “mati” apabila waktu dengung memiliki jangka yang terlalu pendek. Sedangkan ruangan akan memberikan kesan “hidup” apabila waktu dengung memiliki jangka yang panjang.

Waktu dengung suatu ruang akan bergantung pada luas permukaan bidang – bidang, koefisien serap permukaan bidang, volume ruang, serta frekuensi bunyi yang muncul. Apabila volume ruang semakin besar, maka waktu dengung yang dimiliki semakin besar. Demikian halnya dengan material pada bangunan memiliki luasan dan koefisien yang lebih besar, waktu dengung yang dimiliki semakin kecil.

Reverberation time memiliki rumus dengan teori klasik Sabine untuk dihitung dari data ruangan dengan persamaan :

$$R = \frac{0,16V}{A} \dots\dots\dots (2-1)$$

dengan :

R = Waktu Dengung (s)

V = Volume Ruang (m³)

A = Penyerapan ruang total (sabin)

Sedangkan menurut Mediastika (2009) pada frekuensi diatas 2000 Hz terdapat koefisien udara yaitu 0.007 dengan persamaan :

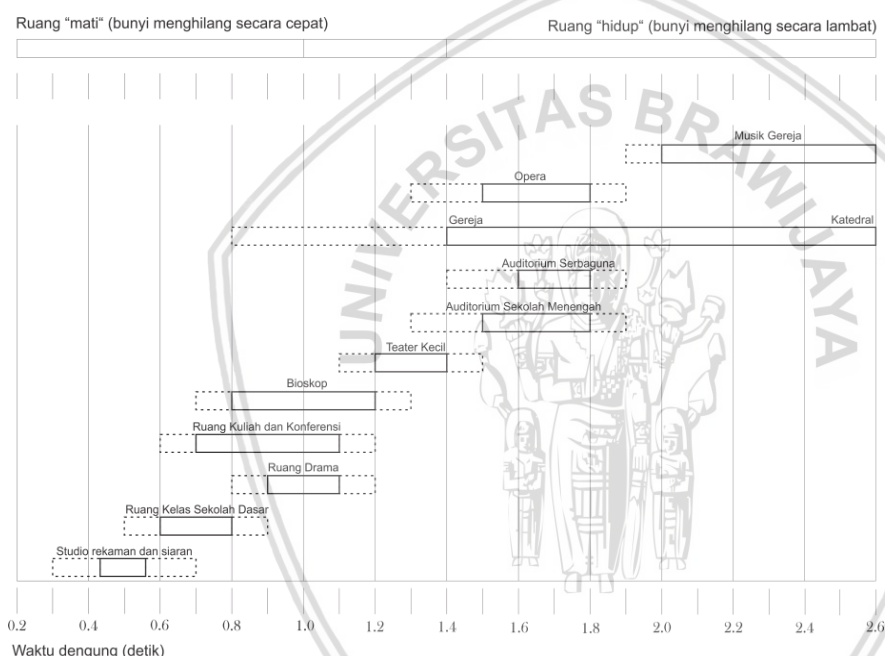
$$R = \frac{0,16V}{A+XV} \dots\dots\dots (2-2)$$

dengan :

X = Koefisien Udara 0.007

Penghitungan waktu dengung melalui rumus Sabine dapat dilakukan dengan nilai frekuensi yang berbeda. Hal ini untuk mengetahui performa akustik pada suatu ruang pada frekuensi yang rendah dan tinggi. Frekuensi yang dapat ditangkap oleh indra pendengaran manusia adalah 20 – 20.000 Hz. Karena memiliki cakupan yang luas *Acoustical Society of Acoustics* membagi kisaran menjadi bagian – bagian yang dinamakan band oktaf dengan kisaran 125, 250, 500, 1000, 2000, serta 4000 Hz. Pada ruang yang membutuhkan *speech* hanya fokus pada frekuensi 500, 1000 dan 2000 Hz.

Rentang waktu dengung yang dibutuhkan dalam ruang kelas sekolah dasar menurut Satwiko, 2009 waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan 60 dB yaitu 0.6 – 0.8 detik. Sedangkan pada 0.5 dan 0.9 detik ini dapat ditolerir.



Gambar 2.2 Rentang standard waktu dengung

Sumber: Satwiko, 2009:271

2.4.3 *Speech intelligibility*

Di dalam lingkungan pendidikan ketika melakukan kegiatan pembelajaran tentunya dibutuhkan kejelasan dalam bercakap antara guru dengan murid. Hal tersebut tentu menjadi salah satu performa akustik yang sangat penting. Menurut *Assessment of Speech Communication* definisi kejelasan dalam bercakap atau *Speech Intelligibility* adalah mengukur efektivitas seseorang dalam bercakap atau berbicara. Pada sebuah ruang kelas dengan kegiatan pembelajaran yang membutuhkan konsentrasi dan informasi yang besar tentu parameter ini menjadi penting karena untuk memadai kegiatan tersebut.

A. Definisi *Signal to Noise Ratio*

American Speech Language Hearing Association (ASHA) parameter yang digunakan dalam kejelasan bercakap dalam lingkungan akademik yaitu menggunakan parameter *Signal to Noise Ratio* atau *Ratio S/N*. Parameter kejelasan dalam bercakap ini menjelaskan hubungan antara tingkat kebisingan pada ruang tersebut dengan sumber bunyi (guru) yang ingin didengar oleh pengguna ruang kelas (siswa).

ASHA menyarankan bahwa nilai rasio S/N tidak boleh kurang dari +15 dB untuk menjaga kualitas dari kejelasan dalam bercakap. Rasio S/N dapat dihitung dengan selisih antara sumber bunyi (tingkat kekerasan pengajar dalam bercakap) dengan tingkat kebisingan yang terjadi pada ruang kelas tersebut. Menurut Blauert, 2008 intensitas bunyi pada percakapan normal yaitu 70 dB. Maka sumber bunyi pengajar ketika bercakap diansumsikan 70 dB.

2.5. Kenyamanan Audial

Kenyamanan merupakan keadaan yang menyesuaikan dengan kebutuhan dasar manusia yang bersifat individual (Kolcaba, 2003). Berdasarkan latar belakang fisika dan arsitektur pada bangunan, kenyamanan merupakan penilaian secara komprehensif pada seseorang terhadap lingkungan sekitar (Satwiko, 2009). Menurut Kolbaca salah satu aspek kenyamanan yaitu kenyamanan fisik berkenaan dengan sesuatu yang dirasakan oleh tubuh pada setiap individual. Kenyamanan fisik di bedakan menjadi 3 salah satunya kenyamanan audial yaitu kondisi seseorang merasakan nyaman terhadap suara yang ada di lingkungan sekitarnya.

Sehingga dibutuhkan ruangan yang memiliki kualitas secara akustik dan tingkatan suara yang tepat dan menyesuaikan pada fungsi ruang tersebut. Salah satunya pada ruang kelas yang membutuhkan kenyamanan audial karena memiliki pengaruh pada konsentrasi belajar pada siswa. Parameter yang digunakan yaitu SNI 03-6386-2000 dengan batas ambang kebisingan pada ruang kelas adalah 35 – 40 dB. Untuk mengetahui kenyamanan audial pada siswa dan guru pada penelitian ini menggunakan kuesioner.

2.6. Strategi Pengendalian Bising dan Waktu Dengung

Menurut Satwiko (2009), aktivitas yang membutuhkan konsentrasi belajar pada siswa sekolah dasar yaitu pada ruang dalam, sehingga membutuhkan strategi yang dapat

dilakukan dalam menangani kebisingan salah satunya adalah menggunakan material pelapis yang bersifat peredam suara. Menurut Khuriati (2006), bahan panel, berpori, serta resonator merupakan jenis bahan yang mampu meredam bunyi. Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering digunakan. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis peredam lain. Selain membutuhkan elemen akustik menurut Everest, 2009 pendekatan yang dibutuhkan untuk mengurangi kebisingan adalah menempatkan *barrier* diantara ruangan dengan sumber kebisingan.

Penghitungan *barrier* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus *Formula Department of Transport United Kingdom (UK)*. Formula ini digunakan untuk menghitung reduksi dari *barrier* yang sengaja didirikan untuk mengurangi kebisingan. Langkah awal yaitu menentukan posisi tiga titik yaitu sumber, *barrier* dan bangunan.

Setelah itu menentukan *path difference* (δ) dengan persamaan :

$$\delta = a + b - c \dots\dots\dots (2-2)$$

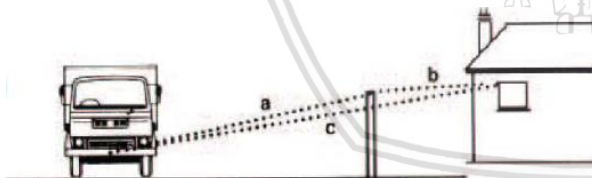
dengan :

δ = Selisih Jarak (m)

a = jarak sumber bising terhadap tinggi *barrier* (m)

b = jarak tinggi *barrier* terhadap ambang batas bukaan (m)

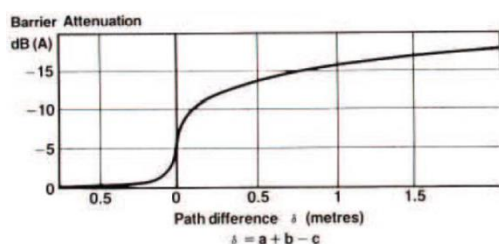
c = jarak ambang batas bukaan terhadap sumber bising (m)



Gambar 2.3 Kondisi untuk menghitung reduksi *barrier*

Sumber: Mediastika, 2009:73

Setelah mengetahui nilai *path difference* maka untuk mengetahui berapa besar nilai reduksi yang didapat dari *barrier* tersebut dengan melihat grafik *Formula Department of Transport, UK*.



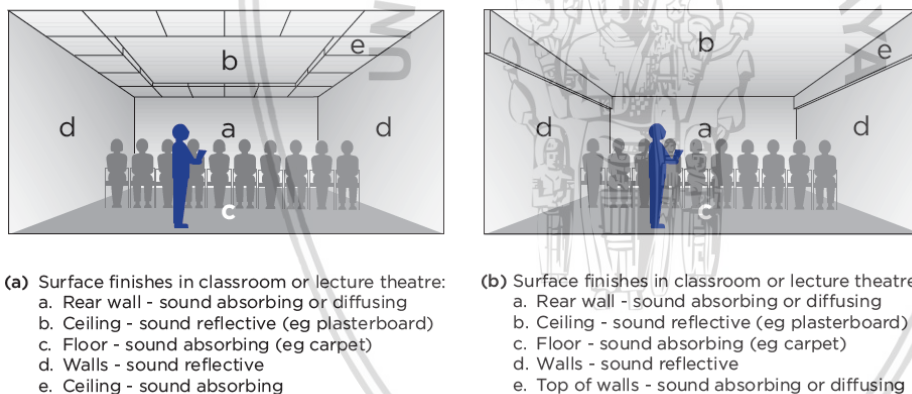
Gambar 2.4 Bagan reduksi *barrier* menurut *Formula Department of Transport, UK*

Sumber: Mediastika, 2009:72

Pengendalian *reverberation time* sama halnya dengan pengendalian kebisingan yaitu menggunakan bahan yang memiliki koefisien penyerapan yang tinggi. Kemampuan material mampu menyerap dengan baik bergantung pada kerapatan dan ketebalan dari material.

Formasi elemen akustik sangat dibutuhkan untuk mengendalikan kebisingan dan *reverberation time*. Formasi ini sebagai acuan untuk perancangan dalam menentukan penempatan panel akustik pada ruang dengan fungsi tertentu. Menurut Canning (2015) pada ruang kelas untuk memberikan kualitas akustik yang baik maka penempatan panel akustik, sebagai berikut :

- Elemen material pemantul (*reflection*) yaitu pada dinding depan, dinding samping, dan plafond
- Elemen material penyerap (*absorption*) yaitu pada dinding belakang, dinding atas, dan lantai
- Elemen material penyebar (*diffusion*) yaitu pada dinding belakang.



Gambar 2.5 Formasi penempatan elemen akustik pada ruang kelas

Sumber: Canning, 2015:43

2.6.1 Material akustik

Material akustik merupakan material yang mampu menyerap bising maupun suara. Material peredam suara pada umumnya memiliki sifat berserat dan berpori. Sehingga ketika material akustik menangkap gelombang bunyi, maka energi bunyi tersebut akan di serap oleh material. Bunyi tersebut akan masuk ke dalam material melalui pori –pori. Lalu bunyi akan ditangkap oleh partikel partikel yang ada di dalam material, kemudian partikel tersebut akan memantulkan ke partikel lain, begitu seterusnya sehingga bunyi akan hilang berada di dalam material tersebut. Besarnya penyerapan pada bunyi pada material menggunakan koefisien serapan (α) dengan bilangan 0 dan 1. Nilai koefisien 0 menyatakan

energi bunyi yang diserap pada material tersebut tidak ada dan nilai koefisien 1 menyatakan energi bunyi pada material tersebut dapat diserap dengan baik. Data material dengan koefisien serap dapat dilihat di lampiran 1. Koefisien serap material.

Untuk mengetahui kemampuan dalam suatu material dapat mereduksi suara dari berbagai frekuensi dengan baik, dapat dilakukan dengan salah satu cara yaitu menggunakan *Sound Reduction Index (SRI)*. Setiap material memiliki nilai *SRI* yang berbeda untuk setiap frekuensinya. Nilai *SRI* dapat diketahui dengan persamaan :

$R = - 10 \log_{10} (\tau) \dots\dots\dots (2-3)$

dengan :

$R = \text{Sound Reduction Index/SRI (dB)}$

τ = koefisien transmisi suatu material

Apabila dinding merupakan kombinasi dari material akustik, maka koefisien (τ) dapat dihitung dengan persamaan:

$\tau_{average} = \frac{A_1 \times \tau_1 + A_2 \times \tau_2}{A_1 + A_2} \dots\dots\dots (2-4)$

dengan :

A = luasan material (m^2)

Untuk mengetahui koefisien transmisi dari masing-masing material, dapat dihitung menggunakan persamaan:

$\tau = 10^{-\frac{R}{10}} \dots\dots\dots (2-5)$

SRI digunakan untuk mengukur kemampuan satu jenis material saja, sedangkan *STC* digunakan untuk mengukur beberapa material yang dikomposisikan menjadi satu kesatuan dan digunakan bersama-sama dalam suatu konstruksi. Semakin besar nilai *STC*, maka semakin besar pula kemampuan meredam bunyi material tersebut. Menurut *American Society for Testing and Materials (ASTM)* kemampuan *sound reduction index* pada suatu bahan dalam mereduksi suara dapat diukur menggunakan tingkat *Sound Transmission Class*, yaitu :

Tabel 2.2
Tingkat *Sound Transmission Class*

| Tingkat <i>STC</i> | Deskripsi Nilai |
|--------------------|--------------------|
| ≤ 25 | Sangat Buruk |
| 26 - 30 | Buruk |
| 31 – 35 | Cukup |
| 36 – 40 | Baik |
| 41 – 50 | Sangat Baik |
| ≥ 51 | Sangat Baik Sekali |

Sumber : *American Society for Testing and Materials* E413-16, 2016

Tabel 2.3

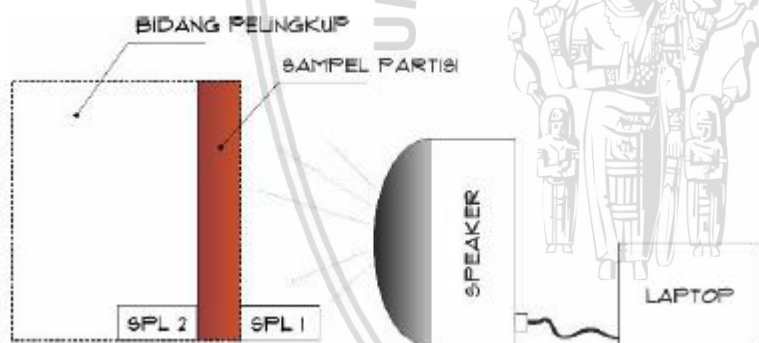
Koefisien absorpsi dan pengurangan intensitas suara material pelapis dinding

| No. | Material | Ketebalan | Frekuensi | Koefisien Serap | Intensitas Reduksi Bunyi | Sumber |
|-------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material Organik (Serat Alam) | | | | | | |
| 1. | Pulp Bambu | 1.1 cm | 1000 Hz | 0.08 | - | Theresia, Muthia. 2014. <i>Potensi Serat dan Pulp Bambu untuk Komposit Peredam Suara</i> . Bandung : Jurnal Selulosa. Vol. 4, No. 1: 25-36. |
| | | | 2000 Hz | 0.18 | - | |
| | | | 4000 Hz | 0.29 | - | |
| 2. | Serat Bambu | 1.1 cm | 1000 Hz | 0.21 | - | Hawari, Firman. 2015. <i>Kajian Kelayakan Dry Leaf Board sebagai Material Akustik untuk Ruang Hunian</i> . Surabaya : Jurnal Desain Interior. Vol.1, No.1 : 35 – 40. ISSN : 2527 - 2528 |
| | | | 2000 Hz | 0.75 | - | |
| | | | 4000 Hz | 0.80 | - | |
| 3. | Dry Leaf Board | 2.4 cm | 125 Hz | 0.02 | - | Pratiwi, Putri. 2017. <i>Pengaruh Orientasi Serat terhadap Redaman Suara Komposit Berpenguat Serat Pinang</i> . Padang : Jurnal Simetris. Vol.8, No.2 : 813 – 818. ISSN : 2252 - 4983 |
| | | | 250 Hz | 0.51 | - | |
| | | | 500 Hz | 0.44 | - | |
| | | | 1000 Hz | 0.28 | - | |
| | | | 2000 Hz | 0.27 | - | |
| 4. | Serat Pinang | 1.2 cm | 1000 Hz | 0.56 | - | Khuriati, Ainie. 2006. <i>Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya</i> . Semarang : Berkala Fisika. Vol.9, No.1 : 43 – 53. ISSN : 1410 - 9662 |
| | | | 2000 Hz | 0.57 | - | |
| 5. | Sabut Kelapa | 2.2 cm | 125 Hz | 0.18 | - | Pedroso,M. 2017. <i>Characterization of eco-efficient acoustic insulation materials (traditional and innovative)</i> . Portugal : Construction and Building Materials 140 : 221- 228 |
| | | | 250 Hz | 0.22 | - | |
| | | | 500 Hz | 0.36 | - | |
| | | | 1000 Hz | 0.62 | - | |
| | | | 2000 Hz | 0.78 | - | |
| 6. | Bulu Domba | 6.0 cm | 4000 Hz | 0.72 | - | |
| | | | 250 Hz | 0.21 | - | |
| | | | 500 Hz | 0.34 | - | |
| | | | 1000 Hz | 0.61 | - | |
| | | | 2000 Hz | 0.82 | - | |

Lanjutan Tabel 2.3

| No. | Material | Ketebalan | Frekuensi | Koefisien Serap | Intensitas Reduksi Bunyi | Sumber |
|--------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material Anorganik | | | | | | |
| 7. | Rak Telur | 1.5 cm | - | - | 14.22 dB | Muhammad, Asri A. 2017. <i>Aplikasi Bahan Akustik Rak Telur sebagai Peredam Kebisingan pada Interior Ruang Kelas Sekolah Dasar</i> . Ternate : Jurnal Mitra. Vol.1, No.1 : 18 - 31 |
| 8. | Kotak Karton Gelombang | 2.0 cm | 125 Hz | 0.15 | - | Kurniawan, Oki. 2015. <i>Eksperimen Perancangan Kemampuan Daya Serap Panel Akustik dari Sampah Kotak Karton Gelombang</i> . Bandung : Jurnal Itenas Rekarupa. Vol.3, No.1 : 1 – 8. ISSN : 20088 - 5121 |
| | | | 250 Hz | 0.13 | - | |
| | | | 500 Hz | 0.15 | - | |
| | | | 1000 Hz | 0.39 | - | |
| | | | 2000 Hz | 0.70 | - | |
| | | | 4000 Hz | 0.89 | - | |
| | | 4.0 cm | 125 Hz | 0.08 | - | |
| | | | 250 Hz | 0.17 | - | |
| | | | 500 Hz | 0.22 | - | |
| | | | 1000 Hz | 0.52 | - | |
| | | | 2000 Hz | 0.88 | - | |
| | | | 4000 Hz | 0.95 | - | |
| 9. | Denim | 4.0 cm | 125 Hz | - | 11.93 dB | Noviandi, Patricia Pahlevi. 2016. <i>Pengolahan Kain Perca Menjadi Sekat Peredam Suara</i> . Surabaya : Dinamika Kerajinan dan Batik. Vol. 33, No. 2 : 145 – 154. |
| | | | 250 Hz | - | 6.01 dB | |
| | | | 500 Hz | - | 12.83 dB | |
| | | | 1000 Hz | - | 12.13 dB | |
| | | | 2000 Hz | - | 9.40 dB | |
| 10. | Katun | 4.0 cm | 125 Hz | - | 10.27 dB | |
| | | | 250 Hz | - | 7.20 dB | |
| | | | 500 Hz | - | 11.30 dB | |
| | | | 1000 Hz | - | 15.00 dB | |
| | | | 2000 Hz | - | 7.03 dB | |
| 11. | Katun + Denim | 4.0 cm | 125 Hz | - | 14.90 dB | |
| | | | 250 Hz | - | 8.07 dB | |
| | | | 500 Hz | - | 10.20 dB | |
| | | | 1000 Hz | - | 25.20 dB | |
| | | | 2000 Hz | - | 15.53 dB | |
| 12. | Karet ban bekas | 3.0 cm | 250 Hz | 0.20 | - | Pedroso,M. 2017. <i>Characterization of eco-efficient acoustic insulation materials (traditional and innovative)</i> . Portugal : Construction and Building Materials 140 : 221- 228 |
| | | | 500 Hz | 0.81 | - | |
| | | | 1000 Hz | 0.48 | - | |
| | | | 2000 Hz | 0.55 | - | |

Berdasarkan pemilihan material yang bersumber dari jurnal tersebut maka yang dipilih untuk di uji simulasi adalah 2 bahan yang memiliki koefisien absorpsi yang mendekati angka 1 karena dapat menyerap suara dengan baik. Menurut ISO 11654 : 1997 persyaratan material sebagai bahan peredam suara apabila memenuhi koefisien serap bunyi (α) diatas 0.15. Berdasarkan sumber jurnal nasional Noviandi, Patricia Pahlevi. 2016. *Pengolahan Kain Perca Menjadi Sekat Peredam Suara*. Surabaya : Dinamika Kerajinan dan Batik. Vol. 33, No. 2 : 145 – 154 dan jurnal internasional Tholkappiyan, E. 2015. *Modelling of sound absorption properties of sisal reinforced paper pulp composites using regression model*. India : Indian Journal of Fibre & Textile Research. Vol. 40. Pp : 19 – 24, dalam melakukan uji simulasi dapat dilakukan dengan menggunakan media maket untuk mengetahui intensitas material tersebut dapat mereduksi bunyi. Menurut Jens Holger Rindel (2010) kekurangan dalam melakukan simulasi menggunakan media maket dengan skala 1 : 20 tidak dapat memberikan hasil penghitungan *reverberation time*. Sehingga untuk penghitungan *reverberation time* dapat menggunakan penghitungan manual menggunakan rumus maupun software pada komputer.



Gambar 2.6 Ilustrasi pengujian sampel menggunakan media maket
Sumber: Noviandi, 2016:150

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu diambil dari jurnal – jurnal untuk mengetahui jenis material akustik sebagai pelapis ruang untuk mereduksi suara. Menurut Muthia Theresia, dkk (2014) melakukan penelitian dengan judul “Potensi Serat dan Pulp Bambu untuk Komposit Peredam Suara”. Suara yang memiliki intensitas yang keras dapat membawa dampak buruk secara biologis dan psikologis pada manusia seperti menurunnya konsentrasi dan kenyamanan. Untuk mengendalikan tersebut dapat memanfaatkan bahan peredam suara. Sampai saat ini penggunaan pulp dan serat bambu masih belum optimal. Pada eksperimen ini bertujuan menambah wawasan terkait bahan

serat alam yang ramah lingkungan, mudah didapat, dan lebih ringan sebagai panel akustik. Dalam pengujian ini membandingkan koefisien serap yang terbaik antara serat bambu dengan pulp bambu dan frekuensi sumber bunyi yaitu 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz sebagai variabel bebas. Menggunakan ketebalan masing masing sampel 1.1 cm. Pada penelitian ini memiliki rata - rata hasil koefisien serap sebagai variabel terikat yaitu dengan bahan baku dasar pulp bambu memiliki nilai $\alpha = 0.18$ dan serat bambu $\alpha = 0.62$. Serat bambu memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk mengabsorpsi suara dibandingkan pada dinding dan kayu.

Menurut Firman hawari (2016) melakukan penelitian dengan judul “Kajian Kelayakan *Dry Leaf Board* sebagai Material Akustik untuk Ruang Hunian”. Dasar pemilihan material pada eksperimen ini adalah *dry leaf board* yang bersifat berpori dan ingin memperbaiki kualitas akustik pada ruang hunian yang mempunyai *noise level* yang lebih rendah dibandingkan dengan bangunan yang lainnya. Dalam melakukan pengujian ini menggunakan *dry leaf board* dan besar frekuensi sumber bunyi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz sebagai variabel bebas. Menggunakan ketebalan sampel panel 2.4 cm. Pada penelitian ini menghasilkan rata – rata koefisien absorpsi sebagai variabel terikat yaitu 0.27. Material *dry leaf board* merupakan inovasi terbaru terkait material peredam suara dikarenakan belum ada penelitian dengan bahan dasar tersebut.

Menurut Putri Pratiwi, dkk (2017) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Orientasi Serat terhadap Redaman Suara Komposit Berpenguat Serat Pinang”. Permasalahan kebisingan dalam jangka waktu panjang akan membawa dampak buruk bagi kesehatan manusia. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlunya material yang bersifat meredam suara. Dalam melakukan pengujian ini menggunakan material berbahan dasar serat pinang. Besar frekuensi sumber bunyi yaitu 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, dan 2500 Hz serta orientasi arah serat sebagai variabel bebas. Pada pengujian sampel menggunakan ketebalan 1.2 cm. Pada penelitian ini menghasilkan rata – rata koefisien absorpsi sebagai variabel terikat yaitu 0.56.

Menurut Ainie Khuriati, dkk (2006) melakukan penelitian dengan judul “Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Bunyinya”. Sebuah bangunan membutuhkan material peredam suara untuk mengendalikan kebisingan dengan karakteristik akustik tertentu agar tercipta kenyamanan audial pada suatu ruang. Jika diteliti lebih mendalam,

benda – benda yang tidak berguna berada disekitar kita dapat dimanfaatkan sebagai material peredam suara salah satunya sabut kelapa. Dalam melakukan pengujian ini menggunakan material sabut kelapa sebagai bahan dasar panel akustik. Besar frekuensi sumber bunyi 0 – 6500 Hz sebagai variabel bebas. Menggunakan ketebalan sebesar 2.2 cm sebagai panel akustik. Pada penelitian ini menghasilkan rata – rata koefisien absorpsi sebagai variabel terikat yaitu sebesar 0.78. Pada penelitian ini menunjukkan perbandingan waktu tekan, semakin lama waktu tekan pada pencetakan maka koefisien akan semakin menurun.

Menurut Asri A. Muhammad, dkk (2017) melakukan penelitian dengan judul “Aplikasi Bahan Akustik Rak Telur sebagai Peredam Kebisingan pada Interior Ruang Kelas Sekolah Dasar”. Pada wilayah perkotaan, lokasi sekolah yang dekat dengan jalan raya utama sulit mendapatkan ketenangan dalam belajar. Oleh karena itu dibutuhkan material akustik yang bersifat berpori salah satunya rak telur yang dijadikan sebagai bahan baku yang mudah dalam pengaplikasian. Dalam melakukan pengujian ini menggunakan ketebalan 1.5 cm untuk panel akustik yang digunakan. Tidak adanya variabel bebas menjadi kekurangan pada penelitian ini. Variabel terikat pada penelitian ini adalah rata – rata intensitas pengurangan pada bunyi yaitu 14.22 dB.

Menurut Oki Kurniawan, dkk (2015) melakukan penelitian dengan judul “Eksperimen Perancangan Kemampuan Daya Serap Panel Akustik dari Sampah Kotak Karton Bergelombang”. Lingkungan membutuhkan kualitas akustik yang baik untuk mewadahi tempat aktivitas manusia. Pada eksperimen ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas akustik pada ruang kelas dengan biaya yang rendah yaitu dengan menggunakan kotak karton gelombang. Besar frekuensi sumber bunyi yaitu 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz sebagai variabel bebas. Menggunakan ketebalan 20 mm dan 40 mm. Pada penelitian ini memiliki hasil sebagai variabel terikat yaitu pada ketebalan 20 mm menghasilkan rata – rata koefisien absorpsi yaitu 0.34 dan 40 mm menghasilkan rata – rata koefisien absorpsi yaitu 0.45. Pada penelitian ini menambahkan variabel terikat STC, SNR, serta waktu dengung pada ruang kelas. Pada penelitian ini memiliki kelebihan yaitu memberikan alternatif bentuk susunan panel KKG, memberikan solusi untuk aspek perawatan dengan menggunakan cairan insektisida dan cairan anti jamur untuk perawatan dari jamur dan serangga, dan memberikan bahan penghambat api seperti ammonium sulfate untuk mencegah terjadinya kebakaran.

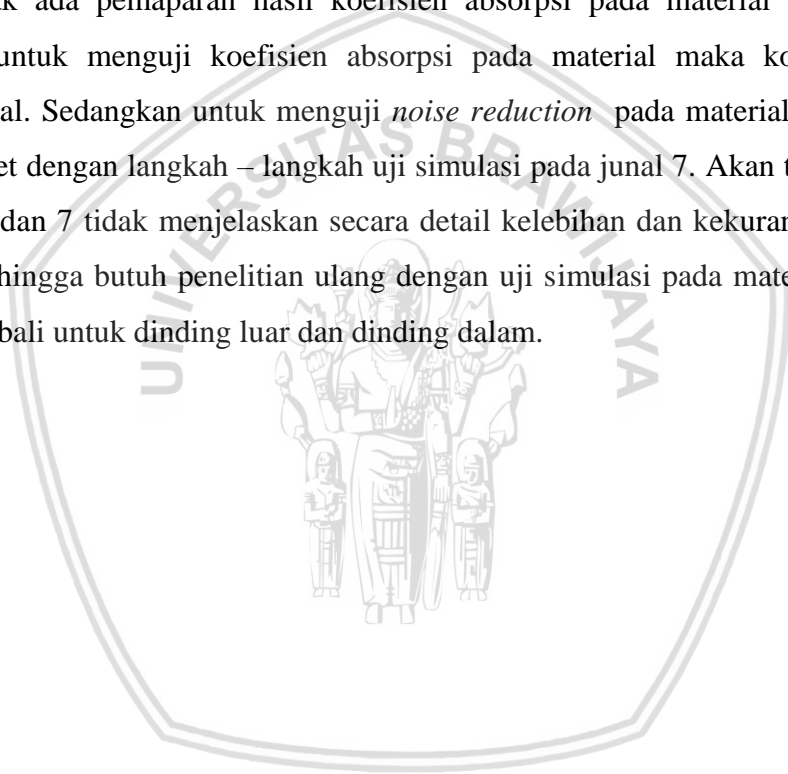
Pada penelitian dengan judul “Pengolahan Kain Perca Menjadi Sekat Peredam Suara” menurut Patricia Pahlevi dkk (2016) kain memiliki nilai koefisien absorpsi yang tinggi sehingga dapat memanfaatkan limbah dari industri tekstil. Dalam melakukan pengujian ini menggunakan 2 macam jenis kain yaitu kain katun dan kain denim dan frekuensi sumber bunyi yaitu 125, 250, 500, 1000, dan 2000 Hz sebagai variabel bebas. Pada penelitian ini memiliki hasil rata - rata intensitas akhir suara sebagai variabel terikat yaitu pada kain denim sebesar 10.46, kain katun sebesar 10.16, dan kombinasi kain katun dan denim sebesar 14.78. Dari hasil uji simulasi tersebut didapatkan kombinasi kain denim dan katun merupakan bahan yang terbaik sebagai panel akustik. Kelebihan pada penggunaan material kain perca ini yaitu bunyi dapat dibaurkan melalui kain karena permukaan yang tidak rata.

Pada penelitian dengan judul “Characterization of eco-efficient acoustic insulation materials (traditional and innovative)” menurut M. Pedroso dkk (2016) panel akustik menggunakan material alternatif memiliki koefisien serap yang cukup tinggi dan setara dengan panel akustik yang dikomersialkan. Pada penelitian ini melakukan simulasi material alternatif yaitu berupa material organik dan anorganik dan sumber frekuensi bunyi yaitu 250, 500, 1000, dan 2000 Hz sebagai variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah hasil rata – rata koefisien absorpsi. Salah satu contoh untuk material organik yaitu bulu domba yang memiliki nilai rata – rata koefisien absorpsi sebesar 0.52 setebal 6.0 cm sedangkan salah satu contoh untuk material anorganik yaitu karet ban bekas memiliki nilai rata – rata koefisien absorpsi sebesar 0.52 setebal 3.0 cm. Kelebihan dari material organik adalah memanfaatkan dari alam, tahan terhadap kelembapan selain itu juga tahan lama. Sedangkan kelebihan dari material anorganik adalah mengurangi limbah sampah dikarenakan material anorganik cenderung sulit terurai dengan tanah sehingga perlu dimanfaatkan kembali.

Pada jurnal 1, 2, 3, 4, 6, 7, an 8 menggunakan 2 variabel penelitian yaitu variabel bebas terkait besar frekuensi sumber bunyi dalam uji simulasi dan variabel terikat terkait intensitas hasil akhir koefisien serap dan intensitas akhir bunyi. Sehingga dalam penelitian ini akan menggunakan 2 variabel yaitu variabel bebas berupa material peredam suara dan frekuensi bunyi dan variabel terikat berupa nilai intensitas akhir suara setelah melakukan pengujian. Pada penelitian 1, 2, 3, 4, dan 8 memiliki kelebihan yaitu memanfaatkan bahan – bahan material organik atau serat alam yang berada dilingkungan sekitar sebagai material peredam suara.

Sedangkan pada jurnal penelitian 5, 6, 7 dan 8 merupakan material anorganik yang mudah ditemukan dan sering digunakan masyarakat dalam kehidupan sehari - hari. Sehingga dalam penelitian ini melakukan uji simulasi pada material organik dan anorganik sebagai panel akustik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui panel akustik yang tidak membutuhkan biaya yang besar dan ramah lingkungan.

Pada jurnal 1, 2, 3, 4, 6, dan 8 tidak memaparkan hasil *noise reduction* hanya memberikan hasil koefisien absorpsi saja. Sedangkan penelitian 5 dan 7 hanya memaparkan hasil *noise reduction* dan tidak ada pemaparan hasil koefisien absorpsi pada material tersebut. Karena keterbatasan alat untuk menguji koefisien absorpsi pada material maka koefisien absorpsi mengacu pada jurnal. Sedangkan untuk menguji *noise reduction* pada material dapat dilakukan menggunakan maket dengan langkah – langkah uji simulasi pada jurnal 7. Akan tetapi pada jurnal ke 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 tidak menjelaskan secara detail kelebihan dan kekurangan dari masing masing material sehingga butuh penelitian ulang dengan uji simulasi pada material tersebut dan menyesuaikan kembali untuk dinding luar dan dinding dalam.



Tabel 2.4

Penelitian terdahulu mengenai jenis material untuk meredam suara

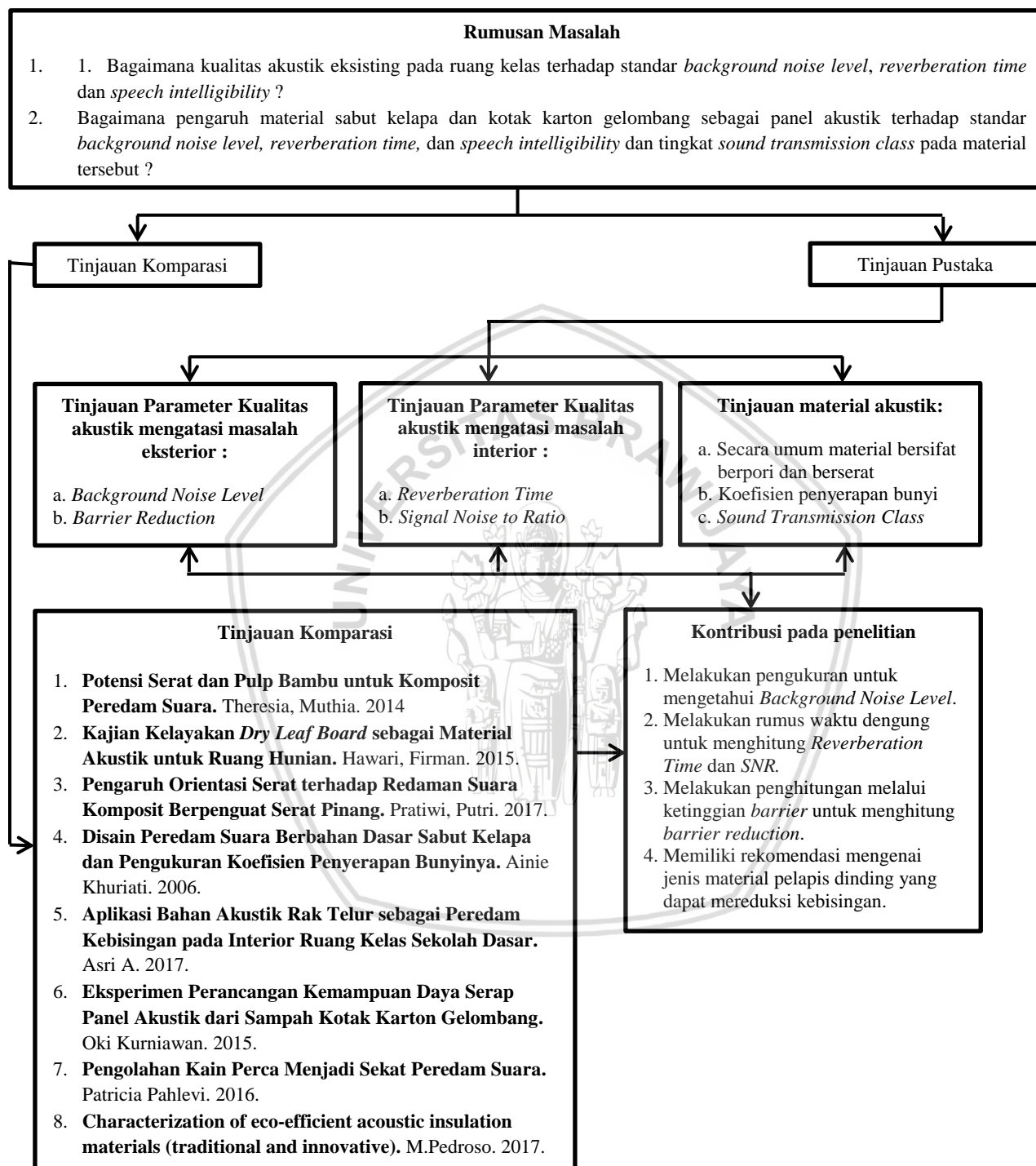
| | Penulis | Tahun | Metode | Pembahasan | Variabel Penelitian | Hasil | Manfaat dan Kegunaan bagi penelitian |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jurnal 1 : Potensi Serat dan Pulp Bambu untuk Komposit Peredam Suara | Theresia Mutia, Susi Sugesty, Henggar Hardiani, Teddy Kardiansyah, Hendro Risdianto. | 2014 | Experimental Research. Dengan instrument penelitian di uji dengan <i>speaker</i> , <i>microphone</i> dan diukur dengan Tabung Impedansi. | Melakukan pengukuran dan pengujian terhadap kemampuan material akustik dengan membandingkan serat dan pulp bambu. | Variabel Bebas : Besar frekuensi sumber bunyi. Variabel Terikat : Nilai impedansi akustik setelah di uji dengan bunyi. | Menunjukkan panel akustik dari pulp bambu dengan frekuensi standar (1000 – 4000 Hz) rata – rata koefisien absorpsi sebesar 0.18. Sedangkan panel akustik dari serat bambu dengan frekuensi standar (1000 – 4000 Hz) rata – rata koefisien absorpsi sebesar 0.62. Sehingga serat bambu dapat menyerap suara dengan baik dibandingkan pulp bambu. | 1) Mengetahui tingkat koefisien serap dari material bambu dengan memanfaatkan serat dan pulp bamboo dengan koefisien serap yang memenuhi standar. 2) Dengan memanfaatkan material yang berasal dari bambu dapat mengurangi pemakaian resin dan sintesis sehingga lebih ramah lingkungan. |
| Jurnal 2 : Kajian Kelayakan Dry Leaf Board sebagai Material Akustik untuk Ruang Hunian | Firman Hawari | 2016 | Experimental Research. Dengan instrument penelitian di uji dengan <i>speaker</i> , <i>microphone</i> dan | Melakukan pengujian koefisien absorpsi terhadap kemampuan material dengan | Variabel bebas : Besar frekuensi sumber bunyi Variabel Terikat : Nilai impedansi akustik setelah di | Menunjukkan panel akustik dengan material <i>dry leaf board</i> pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz | <i>Dry leaf board</i> dapat dijadikan alternatif sebagai material akustik pada ruang hunian. |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | diukur dengan Tabung Impedansi. | bahan <i>dry leaf board</i> . | uji dengan bunyi. | memiliki koefisien absorpsi yang tinggi. Sehingga pengaplikasian material ini pada ruang <i>speech</i> memiliki performa yang baik, sedangkan pada ruang studio music pengaplikasian material ini kurang baik. | |
| Jurnal 3 : Pengaruh Orientasi Serat terhadap Redaman Suara Komposit Berpenguat Serat Pinang | Putri Pratiwi, Hendriwan Fahmi, Fiko Saputra | 2017 | Experimental Research. Dengan instrument penelitian di uji dengan <i>speaker</i> , <i>microphone</i> dan diukur dengan Tabung Impedansi. | Melakukan pengujian koefisien absorpsi terhadap kemampuan material dengan bahan serat pinang. | Variabel bebas : Besar frekuensi sumber bunyi Variabel Terikat : Nilai impedansi akustik setelah di uji dengan bunyi. | Menunjukkan panel akustik dengan material sabut pinang menghasilkan koefisien rata – rata 0.57 pada frekuensi (1000 – 2500 Hz) | Mengetahui koefisien serap dengan memanfaatkan serat pinang dengan koefisien serap yang memenuhi standar. |
| Jurnal 4 : Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya | Ainie Khuriati, Eko Komaruddin, Muhammad Nur. | 2006 | Experimental Research. Dengan instrument penelitian di uji dengan <i>speaker</i> , <i>microphone</i> dan diukur dengan Tabung Impedansi. | Melakukan pengujian koefisien absorpsi terhadap kemampuan material dengan bahan sabut kelapa. | Variabel bebas : Besar frekuensi sumber bunyi Variabel Terikat : Nilai impedansi akustik setelah di uji dengan bunyi. | Menunjukkan panel akustik dengan material sabut pinang menghasilkan koefisien rata – rata 0.51 pada frekuensi (125 – 4000 Hz) | Mengetahui tingkat koefisien serap dengan memanfaatkan sabut kelapa dengan koefisien serap yang memenuhi standar. |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Jurnal 5 : Aplikasi Bahan Akustik Rak Telur sebagai Peredam Kebisingan pada Interior Ruang Kelas Sekolah Dasar | Asri A. Muhammad, Astuti Salim, Firdawaty Marasabessy | 2017 | Experimental Research. Dengan instrument penelitian di uji dengan <i>sound level meter</i> | Melakukan pengujian koefisien absorpsi terhadap kemampuan material dengan bahan rak telur. | Variabel Bebas : Bukaan pada jendela dan pintu Variabel terikat : Nilai efektifitas bunyi dengan menggunakan noise reduction. | Menunjukkan panel akustik dengan material rak telur mampu mereduksi suara rata – rata 14.22 dB. | Mengetahui tingkat intensitas reduksi suara menggunakan bahan rak telur yang mudah dalam pemakaiannya dan murah. |
| Jurnal 6 : Eksperimen Perancangan Kemampuan Daya Serap Panel Akustik dari Sampah Kotak Karton Gelombang | Okki Kurniawan, Pribadi Widodo, Andriyanto Wibisono | 2015 | Experimental Research. Dengan instrument penelitian di uji dengan <i>speaker</i> , <i>microphone</i> dan diukur dengan Tabung Impedansi. | Melakukan pengujian koefisien absorpsi terhadap kemampuan material dengan bahan kotak karton gelombang | Variabel bebas : Besar frekuensi sumber bunyi Variabel Terikat : Nilai impedansi akustik setelah di uji dengan bunyi. | Menunjukkan panel akustik dengan material kotak karton gelombang menghasilkan koefisien absorpsi rata – rata pada ketebalan 40 mm sebesar 0.45 sedangkan pada ketebalan 20 mm sebesar 0.34. | Mengetahui tingkat koefisien serap dengan memanfaatkan kotak karton gelombang dengan koefisien serap yang memenuhi standar. |
| Jurnal 7 : Pengolahan Kain Perca Menjadi Sekat Peredam Suara | Patricia Pahlevi Noviandri, Centaury Harjani | 2016 | Experimental Research. Instrumen Penelitian menggunakan maket. | Pada penelitian ini melakukan pengujian untuk mengetahui <i>noise reduction</i> dengan membandingkan material kain katun, denim, dan kombinasi kain katun dan denim. | Variabel Bebas : Bahan material Kain Perca dan sumber frekuensi sumber bunyi. Variabel Terikat : Nilai efektifitas bunyi dengan menggunakan noise reduction | Menunjukkan panel akustik dengan menggunakan kain denim memiliki rata – rata dalam mereduksi suara sebesar 10.46 dB, kain katun mampu mereduksi suara 10.16 dB, | 1) Pengolahan kain sebagai sekat berpotensi untuk digunakan sebagai panel akustik dengan pemanfaatan limbah industri tekstil. Panel akustik dari gempal kain (denim dan katun) dapat memberikan efek |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | sedangkan kombinasi kain katun dan denim mampu mereduksi suara 14.78 dB. Sehingga dari ketiga bahan material tersebut kombinasi kain denim dan katun memiliki tingkat reduksi yang paling baik. | akustik karena permukaannya yang tidak rata dan mampu membaurkan bunyi. |
| Jurnal 8 : Characterization of eco-efficient acoustic insulation materials (traditional and innovative) | M. Pedroso, J. de Brito, J.D. Silvestre | 2017 | Experimental Research. Dengan instrument penelitian di uji dengan <i>speaker</i> , <i>microphone</i> dan diukur dengan Tabung Impedansi. | Pada penelitian ini membandingkan koefisien serap material akustik yang sering digunakan dengan material akustik inovatif yaitu memanfaatkan bahan natural dan recycled | Variabel bebas : Besar frekuensi sumber bunyi Variabel Terikat : Nilai impedansi akustik setelah di uji dengan bunyi | Dari hasil NRC (Noise Reduction Coefficient) material alternatif memiliki koefisien yang cukup tinggi dibandingkan material akustik yang dikomersialkan. | Mengetahui tingkat koefisien serap dengan memanfaatkan material organik dan recycled dengan koefisien serap yang memenuhi standar. |

2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.7 Kerangka Teori

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Umum Penelitian

Metode Penelitian adalah suatu pendekatan untuk menggambarkan permasalahan yang akan di bahas untuk mencapai tujuan dari sebuah penelitian. Metode penelitian yang digunakan pada skripsi yang berjudul “Pengaruh Sabut Kelapa dan KKG sebagai Panel Akustik Pelapis Dinding terhadap Desain Akustik Ruang Kelas” menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode yang meneliti suatu populasi atau sampel dengan karakteristik data yang dapat diukur, dalam mengumpulkan data menggunakan instrumen penelitian, serta analisis data bersifat statistik untuk mencapai tujuan tertentu (Sugiyono, 2012). Tujuan utama pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh material daur ulang sebagai panel akustik dalam upaya desain akustik yang baik pada ruang kelas. Data yang diolah memiliki sifat kuantitatif dikarenakan data yang dapat diukur yaitu tingkat kebisingan, luas permukaan material, dan jenis material daur ulang. Data tingkat kebisingan dan luas permukaan yang diambil secara eksisting digunakan untuk melakukan penghitungan *SNR* dan *Reverberation time*. Sedangkan data jenis material daur ulang digunakan untuk melakukan simulasi menggunakan maket (model fisik). Kemudian hasil dari penghitungan dan simulasi di kaitkan dengan tinjauan pustaka. Hasil akhir berupa kesimpulan untuk penyelesaian masalah yang akan dikaji.

Teknik penelitian yang dilakukan adalah pengukuran lapangan menggunakan *sound level meter* untuk mengetahui tingkat kebisingan serta meteran untuk mengetahui luas permukaan dari pelingkup bangunan, studi pustaka kemudian analisis melalui hasil penghitungan dan simulasi maket (model fisik). Data pada objek penelitian berupa dimensi ruang, luas permukaan material, dan tingkat kebisingan diperoleh melalui survey lapangan sedangkan data koefisien material diperoleh dari penelitian sebelum dan studi pustaka. Dari data tersebut kemudian diolah secara terperinci melalui penghitungan dengan rumus yang ada ditinjauan pustaka, setelah itu data dibandingkan dengan standard. Studi pustaka dan hasil analisis data eksisting sebagai acuan untuk melakukan pemilihan material. Pemilihan material daur ulang disimulasikan menggunakan maket untuk mengetahui jenis panel akustik yang dapat mereduksi suara dan waktu dengung pada ruang kelas.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian



Gambar 3.1 Lokasi objek penelitian

Untuk melakukan penelitian terhadap material untuk peredam suara ini dilakukan pada Sekolah Dasar Negeri 02 Jatiguwi di Kabupaten Malang. Lokasi sekolah ini berada di Jl. Pahlawan No.107, Jatiguwi, Sumberpucung, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Bangunan sekolah ini memiliki jarak 15 meter dengan perlintas rel kereta api. Pemilihan lokasi ini karena letak kelas yang berada dekat dengan perlintasan rel kereta api yaitu kelas 1 sampai dengan kelas 6. Untuk waktu penelitian ini akan dibagi menjadi 2 ketika aktif kegiatan belajar mengajar di sekolah yaitu pada jam 07.00 s/d 12.00 WIB selama 6 hari dan ketika tidak ada kegiatan belajar mengajar yaitu pada hari minggu jam 07.00 s/d 12.00 WIB.

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah memiliki peran penting dalam menentukan permasalahan yang ingin diselesaikan. Tahapan ini digunakan untuk membuktikan fakta yang telah dituliskan pada latar belakang sebagai inti permasalahan. Permasalahan yang diangkat adalah letak sekolah yang dekat dengan perlintasan rel kereta api, tentu mengalami masalah dalam hal kebisingan yang mampu menurunkan daya konsentrasi pada siswa. Upaya dalam mereduksi tingkat kebisingan dapat melalui penambahan material pelapis

dinding sebagai panel akustik. Dengan penambahan panel akustik diharapkan mampu mengurangi tingkat kebisingan serta waktu dengung.

2. Pengumpulan data

Dalam pengumpulan, data yang dibutuhkan adalah terkait dengan kriteria design akustik ruang kelas. Berdasarkan sumbernya jenis data dibedakan menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui hasil observasi lapangan dan dokumentasi sedangkan data sekunder diperoleh dari studi pustaka dan penelitian terdahulu. Data tersebut kemudian diolah untuk mencapai tujuan tertentu.

3. Analisis data

Dalam melakukan analisis data mengacu pada studi pustaka terkait dengan *background noise level*, *reverberation time*, dan *signal noise to ratio* untuk mengetahui kesesuaian kondisi eksisting pada ruang kelas terhadap standard desain akustik pada ruang kelas. Analisis data tersebut menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Hasil analisis berupa gambaran kondisi desain akustik eksisting.

4. Sintesis

Pada penelitian ini sintesis yang diberikan berupa kesimpulan dari hasil analisis permasalahan pada ruang kelas Sekolah Dasar Negeri 02 Jatiguwi yang telah diteliti. Hasil sintesis digunakan untuk menjawab permasalahan berupa menyesuaikan desain akustik eksisting terhadap standard desain akustik.

5. Rekomendasi Desain

Pada tahapan ini memberikan rekomendasi panel akustik yang sudah dipilih melalui simulasi maket (model fisik). Dari hasil rekomendasi tersebut dilakukan untuk menjawab pengaruh material daur ulang dalam mereduksi kebisingan dan waktu dengung yang disesuaikan dengan standard

3.4. Variabel Penelitian

Dalam melakukan penelitian maka di tentukan variabel penelitian berdasarkan jurnal yang sudah terpilih pada penelitian terdahulu sebagai berikut sebagai berikut :

Tabel 3.1
Variabel Penelitian

| Variabel bebas | Variabel terikat | Indikator |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Eksternal | | |
| Bukaan pada jendela dan pintu | <i>Background Noise Level</i> | Standard tingkat kebisingan ruang kelas (SNI 03-6386-2000) |
| Koefisien Transmisi | <i>Sound Reduction Index</i> | Standard <i>Sound Transmission Class</i> (ASTM) |
| Luas Permukaan Material | | |
| Ketinggian <i>Barrier</i> | <i>Barrier reduction</i> | Grafik reduksi kebisingan (<i>Formula of Department of Transport, UK</i>) |
| Internal | | |
| Luas permukaan | <i>Reverberation Time</i> | Standard Waktu dengung ruang kelas (Satwiko, 2009) |
| Intensitas frekuensi suara | | |
| Koefisien serap | | |
| Tingkat kebisingan | <i>Signal Noise to Ratio</i> | Standard <i>signal noise to ratio</i> (ASHA) |

3.5. Instrumen Penelitian

Dalam mengambil data yang dibutuhkan untuk penelitian terkait dengan pemilihan material pelapis pada dinding luar dan dinding dalam maka dibutuhkan instrumen penelitian yaitu :

3.5.1 Pengukuran eksisting

Pada pengukuran langsung di lapangan menggunakan alat *Sound Level Meter* dengan merk Lutron. Alat ini berfungsi untuk mengetahui tingkat kebisingan dan *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas ketika kereta api melewati perlintasan. Untuk mengambil data *reverberation time* menggunakan meteran untuk mengukur luas permukaan dinding.

3.5.2 Kuesioner

Untuk mengetahui pengaruh kebisingan pada kenyamanan audial maka dibutuhkan lembar kuesioner yang akan diisi oleh siswa dan guru dengan bimbingan dari peneliti dalam mengisi kuesioner tersebut.

3.5.3 Uji simulasi material pelapis untuk peredam suara

Dari hasil pengukuran secara eksisting lalu membuat model fisik (maket) dengan menggunakan material pelapis yang sudah dipilih berdasarkan jurnal kemudian disimulasikan menggunakan speaker sebagai sumber suara dan di ukur kembali menggunakan alat Sound Level Meter.

3.6. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dibedakan menjadi dua sumber yaitu :

1. Data Primer

Metode yang digunakan melalui tinjauan lokasi secara langsung yaitu berupa pengukuran eksisting dengan menggunakan alat sound level meter dan melalui kuesioner.

2. Data Sekunder

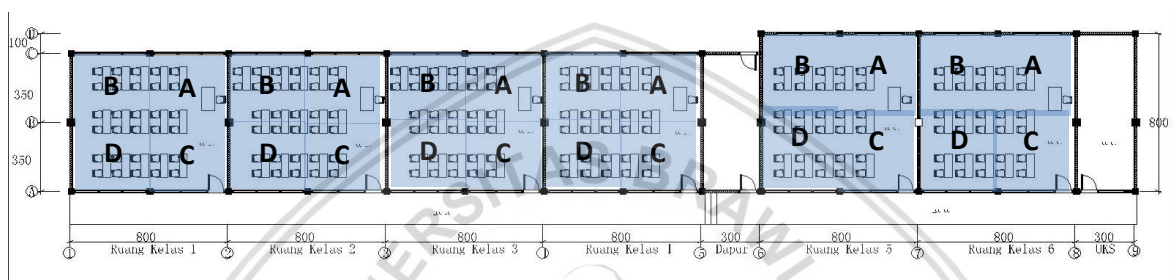
Metode yang digunakan melalui studi pustaka berupa buku – buku dan jurnal yang terverifikasi. Penelitian yang terkait dengan desain akustik ruang kelas dan pemilihan material untuk diterapkan pada penelitian ini

3.6.1 Teknik pengumpulan data pengukuran eksisting

Dalam pengambilan data akustik yang akan diambil adalah *background noise* (tingkat kebisingan) dan *reverberation time* (waktu daung) pada ruang kelas di sekolah tersebut. Untuk mengambil data *background noise level* dan *Signal to Noise Ratio* menggunakan alat Sound Level Meter. Sedangkan untuk mengambil data *reverberation time* karena tidak adanya spesifikasi alat yang dapat mengukur secara langsung di lapangan. Dalam melakukan pengukuran mencagu pada buku Akustika Bangunan Berikut ini langkah langkah untuk melakukan pengukuran tingkat kebisingan pada ruang kelas :

1. Keadaan ruang kelas ketika diukur berada dalam keadaan kosong atau tidak terisi oleh siswa dan ketika berada dalam keadaan kelas terisi.

2. Pengukuran dilakukan dengan kondisi lampu ruangan menyala serta jendela dan pintu tertutup dan dilakukan ketika pintu dan jendela terbuka.
3. Letak pengukuran berada 4 titik pengukuran di setiap kelasnya untuk mewakili tingkat kebisingan pada ruang kelas tersebut dan 6 titik pengukuran di ruang luar. Jarak antar titik pengukuran minimal 1 meter pada dinding. Letak titik pengukuran berada pada bangku paling belakang dan bangku paling depan di dinding yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Letak titik pengukuran berada pada bangku paling belakang dan bangku paling depan di dinding yang berdekatan dengan lapangan sekolah.



Gambar 3.2 Letak titik pengukuran pada ruang kelas

4. Agar hasil lebih sahih maka setiap titik pengukuran masing masing dilakukan 3 kali dengan jeda waktu pengambilan 15 menit. Ketiga hasil tersebut kemudian di rerata untuk mendapat tingkat kebisingan pada setiap titik.
5. Ketika melakukan pengukuran fisik, alat yang digunakan yaitu *Sound Level Meter* digenggam dan di letakkan pada ketinggian telinga manusia untuk sekolah dasar pada umumnya ketika sedang duduk yaitu 0,8 – 1,0 meter.
6. Pengukuran dilakukan ketika kereta api melintas selama kegiatan pembelajaran berlangsung dan ketika kelas dalam keadaan kosong.

Tabel 3.2

Tingkat kebisingan ruang dalam ketika kelas kosong

| Nama Ruang | Kereta Api Melintas | | Kereta Api Tidak Melintas | |
|----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup |
| Kelas 1 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |

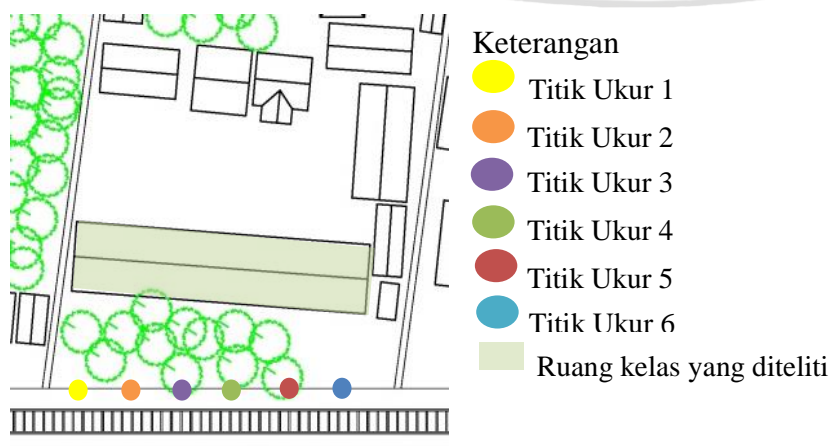
| Nama Ruang | Kereta Api Melintas | | Kereta Api Tidak Melintas | |
|------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup |
| Kelas 2 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 3 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 4 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 5 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 6 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |

Tabel 3.3

Tabel tingkat kebisingan ruang dalam ketika kelas terisi

| Nama Ruang | Kereta Api Melintas | | Kereta Api Tidak Melintas | |
|------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup |
| Kelas 1 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |

| Nama Ruang | Kereta Api Melintas | | Kereta Api Tidak Melintas | |
|----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup | Pintu dan jendela dibuka | Pintu dan jendela ditutup |
| Kelas 2 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 3 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 4 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 5 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |
| Kelas 6 | | | | |
| Titik A | | | | |
| Titik B | | | | |
| Titik C | | | | |
| Titik D | | | | |



Gambar 3.3 Letak titik pengukuran pada ruang luar kelas

Tabel 3.4

Tabel tingkat kebisingan ruang luar ketika kelas aktif kegiatan pembelajaran

| Titik Pengukuran | Kereta Api Melintas | Kereta Api Tidak Melintas |
|------------------|---------------------|---------------------------|
| Titik 1 | | |
| Titik 2 | | |
| Titik 3 | | |
| Titik 4 | | |
| Titik 5 | | |
| Titik 6 | | |

3.6.2 Kuesioner

Untuk mengetahui pengamatan terkait kenyamanan audial pada siswa maka dibutuhkan pengamatan berupa lembar penilaian yang diisi oleh responden dengan dibantu peneliti. Langkah – langkah dalam melakukan pengamatan :

- 1) Menyiapkan lembar kuesioner dan alat tulis
- 2) Melakukan pengisian kuesioner pada saat jam istirahat mata pelajaran.

Assalamu'alaikum Wr. Wb. Saya Astri Felia Yuliati dari Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya Malang saya ingin memohon kepada adik - adik selaku siswa di SD Negeri Jatiguwi 02, Kabupaten Malang agar berkenan mengisi kuesioner ini. Dimana bertujuan untuk menjadi data acuan saya yang akan dipergunakan untuk skripsi. Permasalahan yang akan saya angkat dalam skripsi ini adalah tentang kebisingan pada ruang kelas dan lingkungan sekolah yang bersumber dari kereta api ketika melintas. Terimakasih atas perhatian dan partisipasi adik adik. Wassalamu'alaikum Wr. Wb

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| Nama : | | |
| Kelas : | | |
| Pertanyaan | Ya | Tidak |
| Apakah adik merasa berisik di dalam kelas ketika ada kereta api melintas ? | | |
| Apakah adik merasa terganggu ketika ada berisik di dalam kelas ? | | |
| Apakah adik merasa suara ibu / bapak guru terdengar jelas ketika kereta api melintas ? | | |

Gambar 3.4 Kuesioner terkait kenyamanan audial pada siswa

Assalamu'alaikum Wr. Wb. Saya Astri Felia Yuliati dari Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya Malang saya ingin memohon kepada Bapak maupun Ibu Guru selaku pengajar di SD Negeri Jatiguwi 02, Kabupaten Malang agar berkenan mengisi kuesioner ini. Dimana bertujuan untuk menjadi data acuan saya yang akan dipergunakan untuk skripsi. Permasalahan yang akan saya angkat dalam skripsi ini adalah tentang kebisingan pada ruang kelas dan lingkungan sekolah yang bersumber dari kereta api ketika melintas. Terimakasih atas perhatian dan partisipasi Bapak dan Ibu Guru. Wassalamu'alaikum Wr. Wb

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| Nama Ibu / Bapak Guru : | | |
| Mata pelajaran yang di ajar: | | |
| Pertanyaan | Ya | Tidak |
| Apakah ibu / bapak merasa berisik di dalam kelas ketika ada kereta api melintas ? | | |
| Apakah ibu / bapak merasa terganggu kegiatan belajar mengajar ketika kereta api melintas? | | |
| Apakah ibu / bapak dapat berbicara dengan suara yang jelas hingga terdengar oleh siswa ketika kereta api melintas ? | | |

Gambar 3.5 Kuesioner terkait kenyamanan audial pada guru

Populasi dalam mengisi kuesioner adalah seluruh murid yang berjumlah 168 orang dan guru yang berjumlah 12 orang. Pemilihan sampel ini menggunakan teknik *purposive sampling*. Teknik ini berdasarkan atas pertimbangan tertentu yang berfokus pada tujuan tertentu agar data yang diperoleh lebih representatif (Sugiyono,2010). Pemilihan sampel pada guru berdasarkan intensitas waktu mengajar di dalam ruang kelas. Sehingga pemilihan sampel ini hanya ditujukan kepada wali kelas 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Total responden guru pada kuesioner ini berjumlah 6 orang dari 12 orang guru, dikarenakan wali kelas memiliki intensitas waktu mengajar paling lama. Sedangkan pemilihan sampel pada siswa ini berdasarkan :

1. Berada di ruang kelas yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api ketika peneliti memberikan kuesioner
2. Tidak mengalami gangguan pendengaran
3. Bisa membaca dan menulis

Sehingga jumlah responden siswa yang diambil pada sekolah ini tiap ruang kelas adalah kelas 1 berjumlah 16 orang, kelas 2 berjumlah 28 orang, kelas 3 berjumlah 26 orang, kelas 4 berjumlah 27 orang, kelas 5 berjumlah 26 orang, dan kelas 6 berjumlah 28 orang. Dari keseluruhan siswa berjumlah 168 orang maka total responden yang diambil pada ruang kelas ini berjumlah 151 orang.

Jenis kuesioner ini menggunakan skala Guttman yaitu membutuhkan dua jawaban ya dan tidak. Kuesioner ini berfungsi untuk mempertegas jawaban dari hasil analisis eksisting terhadap kenyamanan audial pada siswa maupun guru. Sehingga pertanyaan kuesioner mengacu pada desain akustik eksisting pada ruang kelas.

3.7. Metode Analisis Data

Metode analisis yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Analisis deskriptif kuantitatif

Pada penelitian ini melakukan penghitungan dengan menggunakan rumus yang berada di tinjauan pustaka. Yakni rumus *reverberation time* dan *signal noise to ratio*. Data tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan grafik untuk mengetahui tingkat kebisingan dan *reverberation time* secara eksisting.

2. Analisis deskriptif kualitatif

Pada penelitian ini melakukan perbandingan kesesuaian antara data objek dengan standard desain akustik pada ruang kelas sehingga dapat mengetahui kondisi desain akustik eksisting pada ruang kelas.

3.7.1 Tingkat kebisingan

Langkah – langkah dalam menganalisis tingkat kebisingan adalah :

1. Hasil pengukuran dianalisis menggunakan *noise mapping* menggunakan acuan warna dari EAA (European Accoustic Association) pada denah untuk mengetahui tingkat kebisingan pada saat kondisi kelas kosong maupun kelas terisi
2. Untuk mengetahui *background noise level* menggunakan tingkat kebisingan pada saat kondisi kelas dalam keadaan kosong.
3. Membuat grafik untuk membandingkan hasil eksisting dengan standard kebisingan.

3.7.2 Reverberation time

Langkah – langkah dalam menganalisis hasil waktu dengung adalah :

1. Untuk menganalisis waktu gema akan di hitung berdasarkan teori yang berada di bab Tinjauan Pustaka dengan menggunakan data survey di lapangan berupa luas permukaan. Sedangkan koefisien serap didapatkan dari buku – buku.

2. Hasil perhitungan waktu dengung dibuat dalam bentuk grafik dan membandingkan dengan standard waktu dengung pada ruang kelas.

3.7.3 *Signal to noise ratio*

Langkah – langkah dalam menganalisis hasil waktu dengung adalah :

1. Untuk menganalisis *Signal to Noise Ratio* menggunakan rumus yang berada di tinjauan pustaka yaitu selisih dari sumber suara guru dengan kebisingan yang terjadi pada saat kegiatan pembelajaran yaitu ketika kereta api melintas dari bising eksternal dan bising dari murid yang melewati koridor maupun murid murid di dalamnya.
2. Hasil analisi ini kemudian dibandingkan dengan standar *signal noise to ratio* yaitu tidak boleh kurang dari +15 dB.

3.7.4 Kuesioner

Dalam menganalisis hasil kuesioner adalah mengakumulasikan dalam bentuk presentase. Dari hasil tersebut kemudian dianalisis dengan membandingkan jawaban responden dengan hasil desain akustik eksisting pada ruang kelas.

3.8. Metode Sintesis Data

Metode yang dilakukan dalam sintesis data adalah metode evaluatif. Hasil sintesis data merupakan kesimpulan dari analisis data yang diambil. Untuk mengetahui desain akustik eksisting yang baik pada ruang kelas.

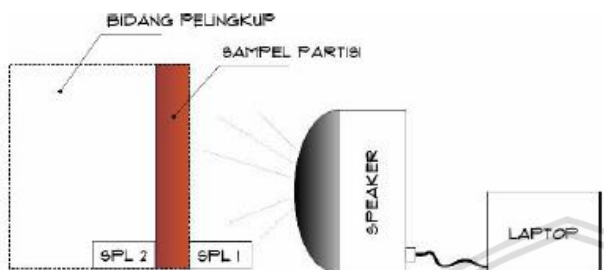
3.9 Rekomendasi Desain

Pada metode ini menggunakan metode eksperimental yaitu simulasi untuk menentukan material yang akan di pilih.

3.9.1 Simulasi menggunakan model fisik (maket)

Setelah melakukan pengambilan data secara langsung ke lapangan maka langkah berikutnya adalah melakukan simulasi menggunakan model maket dengan skala 1/10 dari pengukuran asli dengan material bahan dasar *plywood* karena mudah dalam pengerjaanya. berdasarkan sumber jurnal nasional Noviandri, Patricia Pahlevi. 2016. *Pengolahan Kain Perca menjadi Sekat Peredam Suara*, Surabaya: Dinamika Kerajinan dan Batik. Vol. 3, No. 2:145-154 dan jurnal internasional Tholkappian, E. 2015. *Modelling of sound absorption*

properties of sisal reinforced paper pulp composites using regression model. India : Indian Journal of Fibre & Textile Research. Vol. 40. Pp : 19 – 24 dalam melakukan uji simulasi material peredam suara dapat dikukan dengan menggunakan *modelling* (maket). Berikut ini langkah – langkah pengambilan data dengan menggunakan simulasi permodelan fisik (Maket) :



Gambar 3.6 Ilustrasi pengujian sampel
sumber : Noviandri,2016:150

1. Menyiapkan Maket dengan luas permukaan pada dinding 2 sisi x (70 x 35 cm) dan 2 sisi x (80 x 35 cm) dengan ketebalan 15mm. Pada penutup atas (atap) memiliki luas permukaan 70 x 80 cm. Pada penutup bawah (lantai) memiliki luas permukaan 70 x 80 cm.
2. Menyiapkan 2 bahan peredam akustik yaitu bahan A dan B dengan ketebalan tertentu.
3. Menyiapkan speaker sebagai sumber kebisingan, alat *Sound Level Meter* untuk mengukur kebisingan, dan alat tulis untuk mencatat hasil dari pengukuran.
4. Melakukan uji simulasi pada bahan pelapis akustik A pada dinding dalam dan dinding luar.
5. Perletakan Sound Level Meter dengan speaker berjarak 10 cm lalu mencatat hasil pengukuran pada simulasi tersebut dengan masing masing frekuensi sebanyak 3 kali.
6. Melakukan uji simulasi pada bahan pelapis akustik B pada dinding dalam dan dinding luar. Lalu ikuti langkah poin e)
7. Melakukan uji simulasi menggabungkan pada bahan pelapis akustik A dan bahan pelapis akustik B pada dinding dalam dan luar. Lalu ikuti langkah poin e).
8. Setelah mendapatkan data hasil pengukuran pada uji material bahan pelapis akustik selanjutnya menghitung *transmission loss* dengan persamaan

$$NR = I_0 - I_1 \dots\dots\dots (3-1)$$

keterangan : NR = Noise Reduction

I_0 = Intensitas Kebisingan Awal

I_1 = Rata – rata Intensitas di dalam kotak.

9. Menggunakan tabulasi untuk mengetahui nilai *transmission loss* di setiap jenis material.
10. Menganalisis data yang didapatkan dengan membandingkan intensitas nilai akhir pada masing masing material.
11. Mengevaluasi kembali jenis material yang dapat diletakkan di dinding luar dan dapat diletakkan di dinding dalam.

3.9.2 Penghitungan *reverberation time* setelah rekomendasi

Dari hasil rekomendasi kemudian menghitung kembali waktu dengung dengan rumus yang ada tinjauan pustaka dengan menambahkan koefisien serap material yang terpilih. Kemudian membandingkan hasil perhitungan waktu dengung setelah diberi rekomendasi dengan standard waktu dengung.

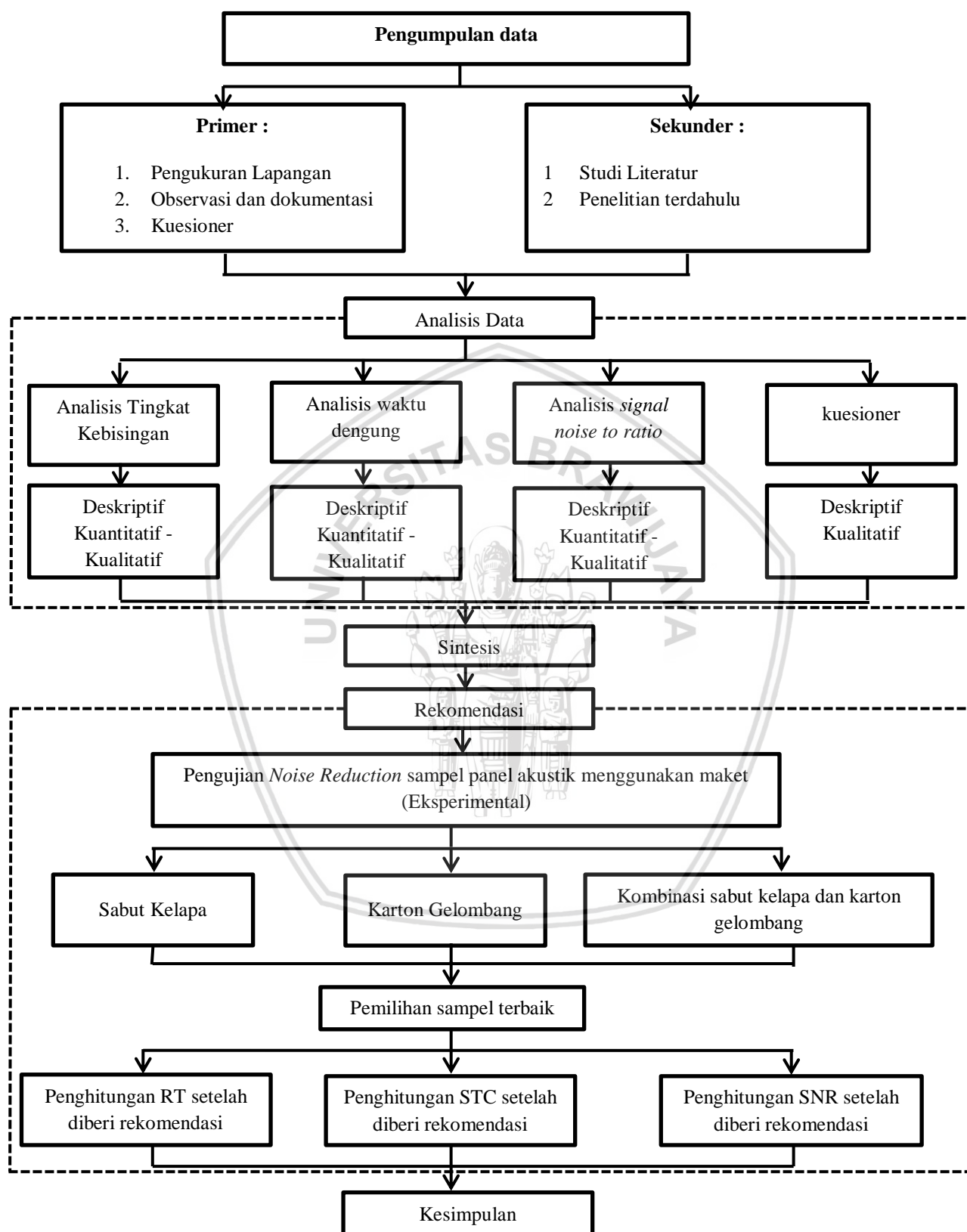
3.9.3 Penghitungan *sound reduction index* setelah rekomendasi

Dari hasil rekomendasi kemudian menghitung SRI dengan rumus yang ada di tinjauan pustaka untuk mengetahui tingkat reduksi material panel akustik yang dipilih. Kemudian membandingkan hasil reduksi kebisingan pada ruang kelas ketika kereta dalam keadaan melintas dan tidak melintas.

3.9.4 Penghitungan *signal noise to ratio* setelah rekomendasi

Pengitungan ini dilakukan dengan melakukan selisih intensitas kebisingan suara guru dengan tingkat kebisingan yang terjadi setelah diberi rekomendasi.

3.10. Kerangka metode penelitian

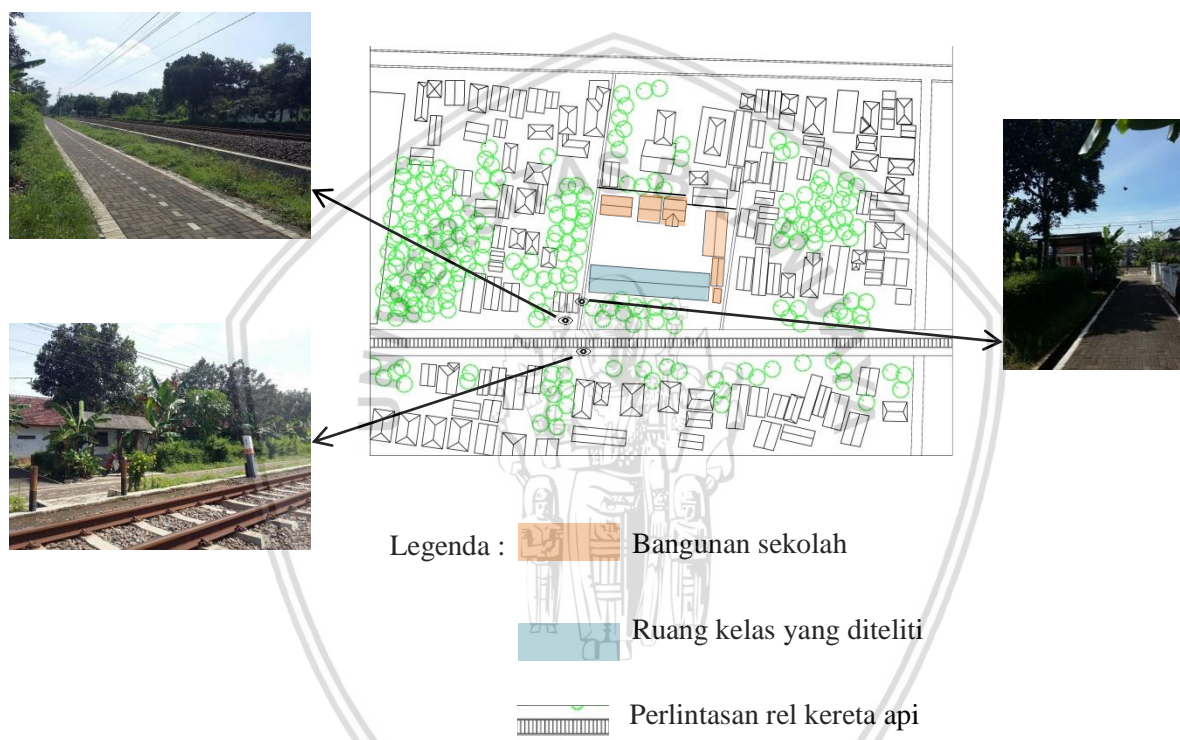


Gambar 3.7 Kerangka Metode

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

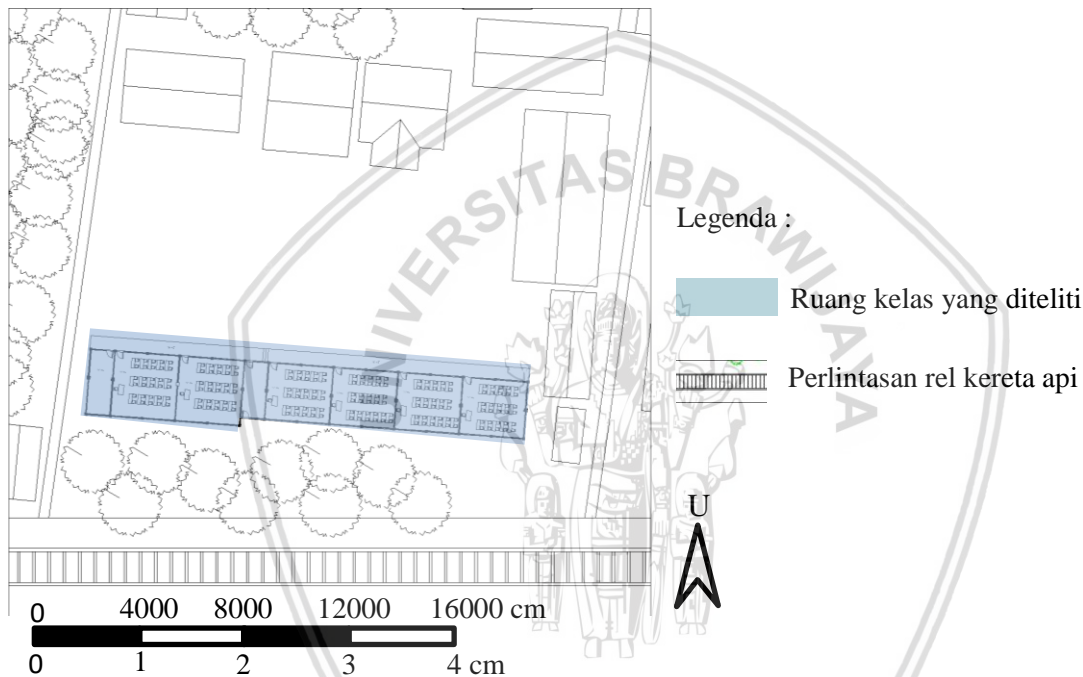
4.1. Karakteristik Objek Eksisting



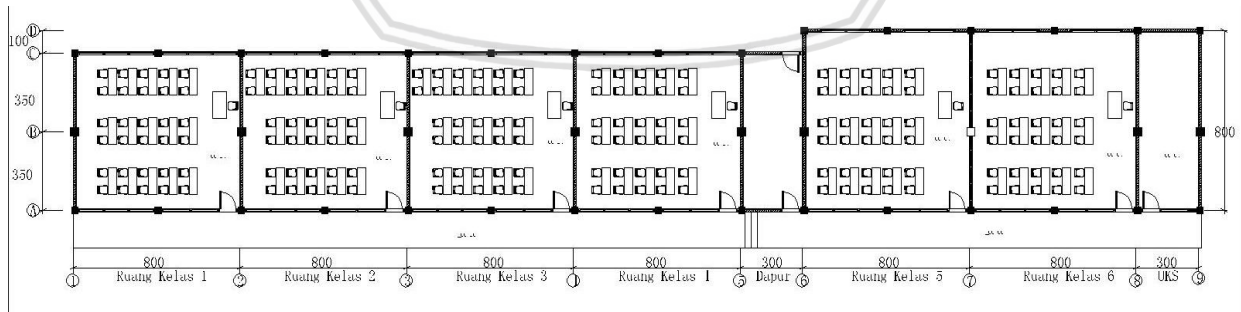
Gambar 4.1 Peta lokasi dan kondisi eksisting SD 02 Negeri Jatiguwi, Kabupaten Malang

Sekolah Dasar (SD) 02 Negeri Jatiguwi terletak di Jl. Pahlawan No. 107, Kabupaten Malang. Sekolah ini terletak di daerah kawasan permukiman padat penduduk. Selain itu sekolah ini dekat dengan perlintasan rel kereta api pada bagian selatan bangunan. Interval waktu keberangkatan kereta api yaitu 20 menit sampai dengan 1 jam antar kereta api yang melewati bangunan sekolah ini. Apabila kereta sedang melewati bangunan sekolah, kegiatan pembelajaran terkadang berhenti sejenak karena suara bising yang ditimbulkan dari kereta api mengakibatkan suara guru tidak dapat terdengar dengan jelas. Pada sisi barat dan timur sekolah ini berbatasan dengan rumah penduduk dengan permukiman yang padat. Sumber

bising yang ditimbulkan dari daerah permukiman adalah anak – anak yang sedang bermain maupun orang dewasa yang sedang berkumpul maupun berbincang. Sumber bising ini tidak mengganggu kegiatan aktivitas belajar mengajar karena terdapat jarak 2 meter antara bangunan sekolah dengan rumah penduduk. Pada batas utara sekolah terdapat kantor kepala desa. Bangunan ini tidak menimbulkan kebisingan dikarenakan bangunan tersebut memiliki jarak 50 meter dengan ruang kelas. Selain itu kantor kepala desa dengan bangunan sekolah dibatasi dengan *barrier* dinding masif setinggi 5 meter. Tentu hal ini mampu mereduksi kebisingan yang berasal dari kegiatan di bangunan kantor kepala desa.



Gambar 4.2 Layout SD 02 Negeri Jatiguwi, Kab. Malang



Gambar 4.3 Denah ruang kelas SD 02 Negeri Jatiguwi, Kab. Malang

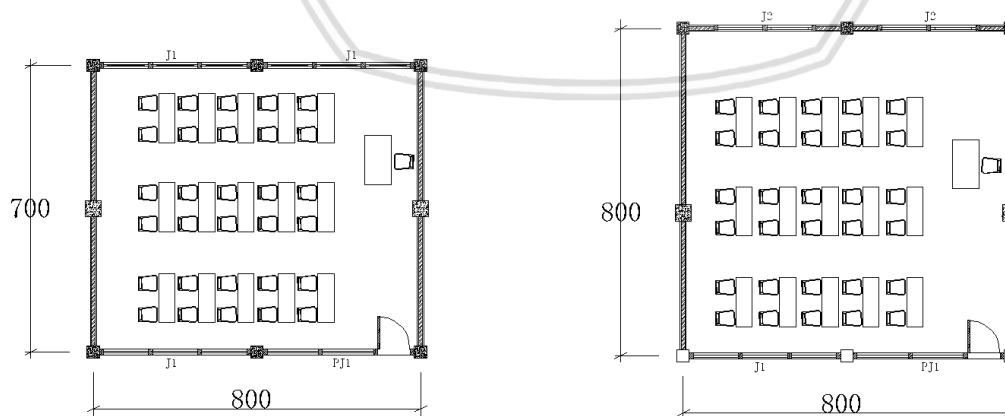
Bangunan SD 02 Negeri Jatiguwi ini hanya memiliki 1 lantai dengan ruang kelas berjumlah 6 ruang yang memiliki tinggi bangunan 4 meter. Tata ruang kelas ini disusun secara memanjang dengan jendela luar menghadap ke perlintasan rel kereta api dan lapangan sekolah.

Sehingga suara bising yang berasal dari kereta api dapat masuk melalui celah jendela jalusi kayu. Pada bangunan sekolah ini memiliki 2 tipe jendela yaitu *fixed windows* yang diaplikasikan di seluruh ruang kelas 1 s/d 6 dan *awning windows* yang diaplikasikan di ruang kelas 5 dan 6.

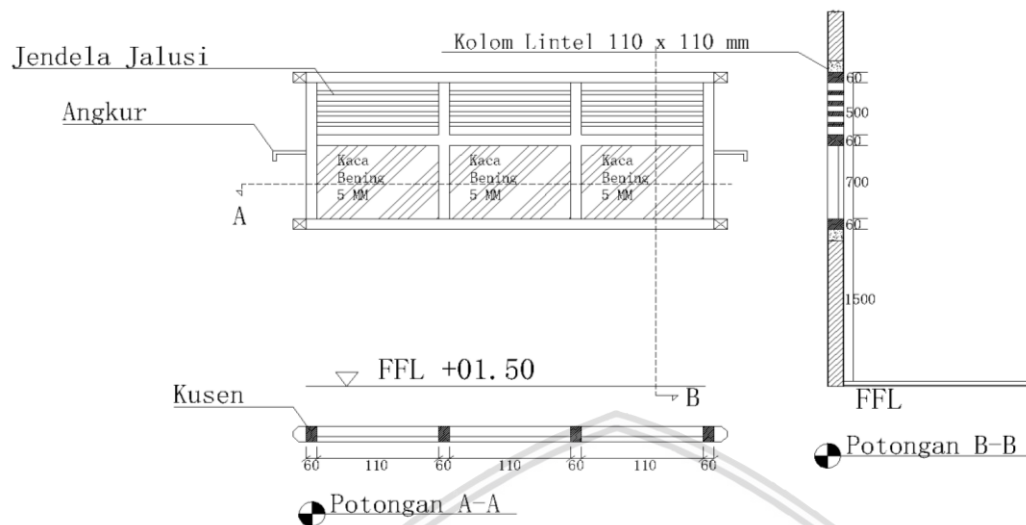


Gambar 4.4 (a) Jendela *fixed windows* pada ruang kelas (b) Jendela *awning windows* pada ruang kelas

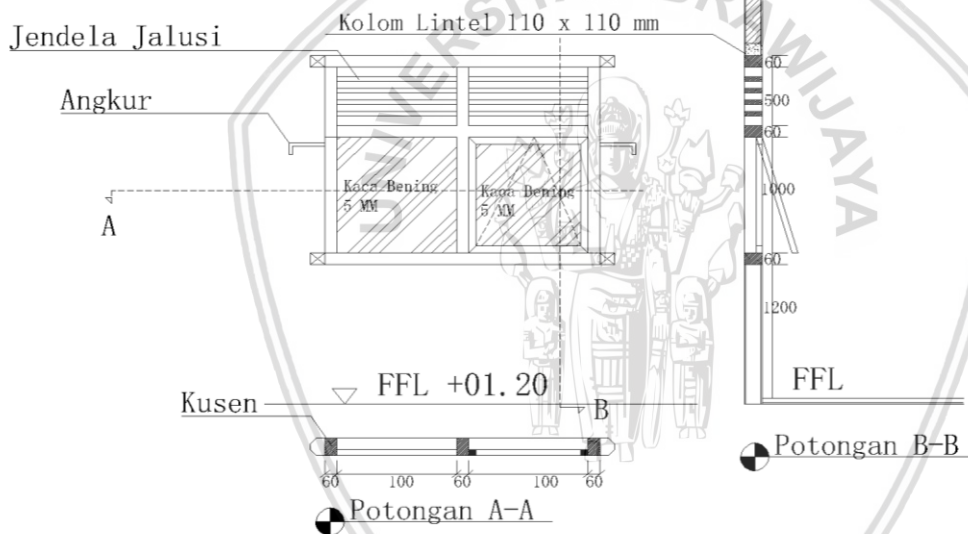
Fixed windows memiliki dimensi 125 cm x 80 cm dengan jenis kaca *single glass* yang memiliki ketebalan 5 mm. Fungsi penggunaan *Fixed Windows* sebagai pencahayaan alami dan mengurangi kebisingan yang berasal dari aktivitas di luar bangunan sekolah. Sedangkan *awning windows* memiliki dimensi 100 cm x 100 cm dengan jenis kaca yang sama yaitu *single glass* dengan ketebalan 5 mm. Fungsi penggunaan *awning windows* sebagai pencahayaan dan penghawaan alami. Akan tetapi kebisingan yang ditimbulkan dari aktivitas luar bangunan sekolah dapat masuk melalui celah bukaan jendela. Di setiap jendela memiliki memiliki jendela jalusi kayu yang berfungsi sebagai penghawaan alami. Suara bising dapat masuk melalui celah dari jendela jalusi kayu.



Gambar 4.5 (a) Rencana tipe bukaan ruang kelas 1 s/d 4 (b) Rencana tipe bukaan ruang kelas 5 s/d 6



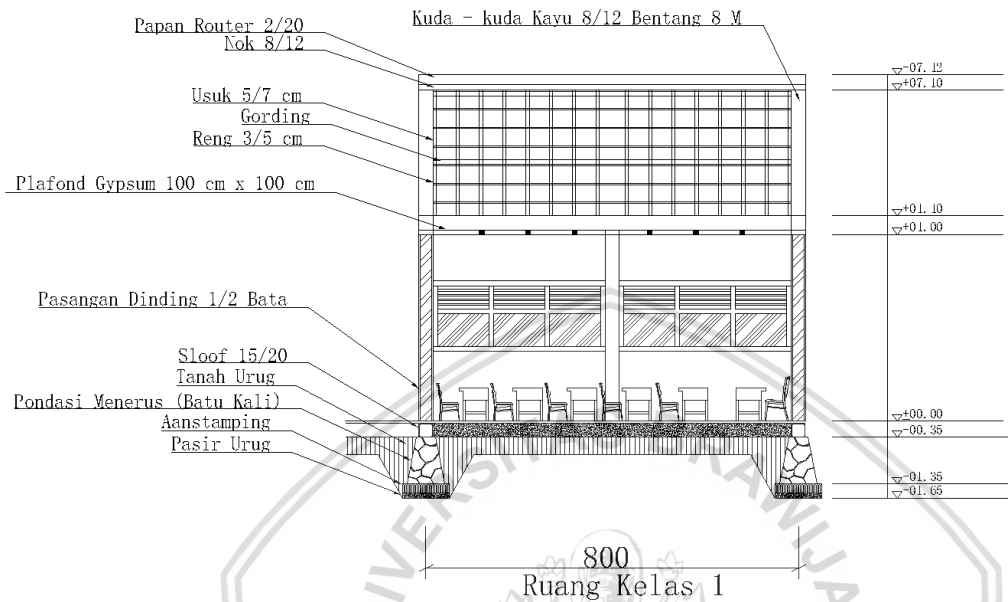
Gambar 4.6 Detail jendela tipe J1 *fixed windows*



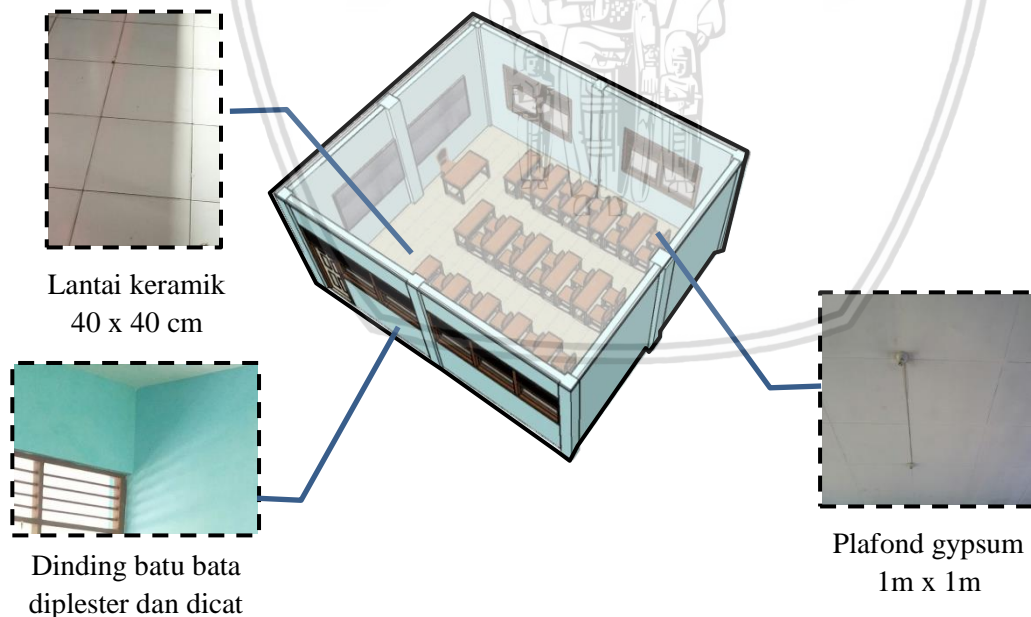
Gambar 4.7 Detail jendela tipe J2 awning windows

Secara konstruksi, pada *lower structure* bangunan sekolah ini menerapkan pondasi menerus batu kali. Penerapan pondasi tersebut dikarenakan bangunan sekolah ini merupakan bangunan lama yang memiliki usia bangunan 58 tahun dan hanya terdiri dari 1 lantai. Untuk mendistribusikan beban bangunan dari atas menuju pondasi menggunakan *sloof* yang memiliki dimensi 15 x 20 cm. Pada *upper structure* meliputi kolom, dinding, lantai, balok, plafon, dan rangka atap. Kolom pada sekolah ini menerapkan 2 jenis kolom meliputi kolom 30 x 30 cm dengan jarak antar kolom 4 meter dan 40 x 40 cm dengan jarak antar kolom 8 meter. Balok yang diterapkan pada bangunan sekolah ini memiliki dimensi 30 cm x 15 cm. Material yang digunakan pada lantai yaitu jenis lantai tegel yang memiliki dimensi 30 x 30 cm. Pada dinding

bangunan sekolah ini memiliki ketebalan 15 cm dengan pasangan ½ batu bata yang dipleser dan dicat. Plafond yang digunakan menggunakan material gypsum dengan dimensi 100 x 50 cm. Pada rangka atap menggunakan kuda – kuda kayu dengan model atap pelana.



Gambar 4.8 Potongan melintang ruang kelas SD 02 Negeri Jatiguwi



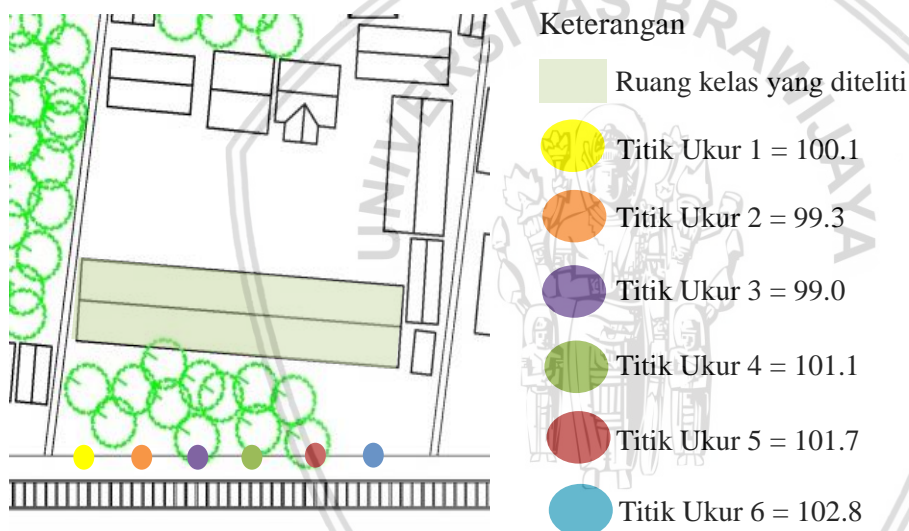
Gambar 4.9 Material pelengkap ruang kelas

Material pelengkap yang digunakan pada ruang kelas bersifat memantulkan bunyi yaitu pada area dinding, lantai, dan *plafond*, sehingga pada ruangan ini tidak dapat mereduksi suara bising dari luar dengan baik. Sedangkan pada area halaman belakang sekolah ini terdapat

barrier berupa tanaman yang melingkupi bangunan sekolah serta terdapat beberapa pepohonan seperti pohon rambutan, pohon nangka, dan pohon pisang. Vegetasi tersebut cukup membantu dalam mereduksi suara bising menuju ruang kelas.

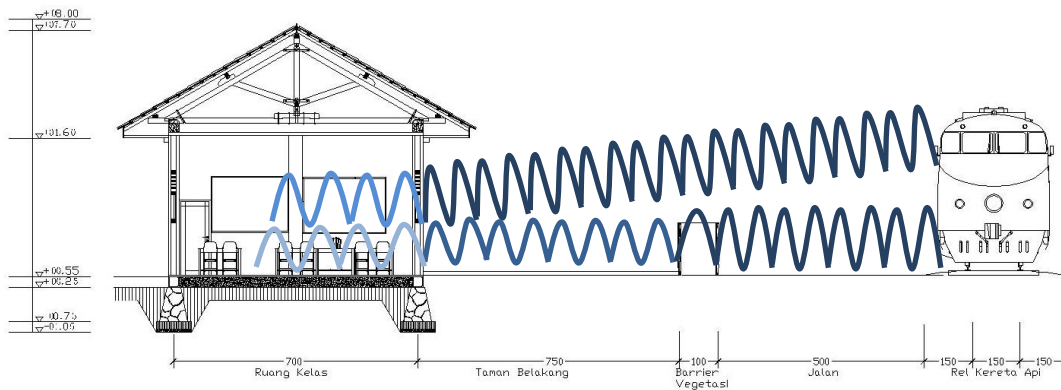


Gambar 4.10 (a) Pohon rambutan (b) Pohon nangka (c) Pohon pisang



Gambar 4.11 Hasil pengukuran ruang luar pada saat kereta api melintas

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut pada titik ukur 6 memiliki tingkat kebisingan lebih tinggi dibandingkan titik ukur 1, 2, 3, 4, dan 5 dikarenakan pada titik ukur 6 tidak terdapat vegetasi yang mampu meredam suara dari sumber kebisingan menuju ruang kelas. Hal ini dikarenakan penanaman pohon yang tidak merata. Selain itu pepohonan yang memiliki massa dedaunan yang kurang rimbun menjadi salah satu faktor vegetasi tidak mampu mereduksi suara bising dengan baik.



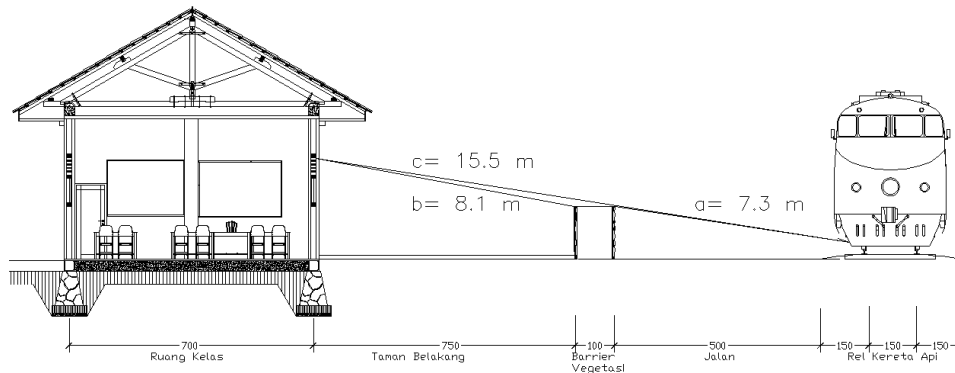
Gambar 4.12 Rambatan suara bising dari ruang luar menuju ruang kelas pada potongan

Dilihat dari potongan ketika kereta api melintas sumber kebisingan berasal dari gesekan roda kereta api dengan rel dan suara klakson dari kereta api ketika memasuki rumah warga. Sehingga terdapat 2 suara rambatan yang dihasilkan ketika kereta api melintas. Dilihat dari rambatannya, suara bising yang berasal dari gesekan roda kereta api ketika melintas mampu diredam dengan barrier vegetasi yang berjarak 5 meter terhadap rel kereta. Sedangkan suara yang berasal dari klakson dilihat dari rambatannya langsung menuju ruang kelas. Hal ini dikarenakan tinggi barrier hanya 1.5 meter sehingga tidak mampu meredam suara yang berasal dari klakson kereta api. Selanjutnya rambatan suara menuju kedalam kelas sedikit diredam oleh dinding batu bata dan jendela kaca. Dikarenakan tidak ada material absorpsi pada dinding luar dan dinding dalam maka suara yang direduksi tidak besar.

Bangunan sekolah memiliki jarak 15 meter dengan perlintasan rel kereta api dibatasi dengan barrier vegetasi. Reduksi kebisingan pada barrier pada eksisting yang memiliki ketinggian 1.5 meter, dapat dihitung menggunakan rumus yang terdapat pada bab tinjauan pustaka dengan persamaan :

δ pada persamaan diperoleh dari :

$$\delta = a + b - c \dots\dots\dots(4-1)$$



Gambar 4.13 Selisih jarak perlintasan rel kereta api terhadap ruang kelas

Maka nilai (a) didapatkan sepanjang 7.3 m, nilai (b) didapatkan sepanjang 8.1 m, serta nilai (c) didapatkan sepanjang 15.5 m.

Sehingga *path difference* $\delta = 7.3 + 8.1 - 15.5 = -0.1$

Maka nilai reduksi yang diberikan pada barrier vegetasi adalah 4 dB. Salah satu cara yang paling efisien dalam mereduksi suara lebih tinggi adalah meninggikan barrier vegetasi apabila lebar jalan dan halaman belakang sekolah tidak berubah.

4.2. Tingkat Kebisingan pada Ruang Kelas

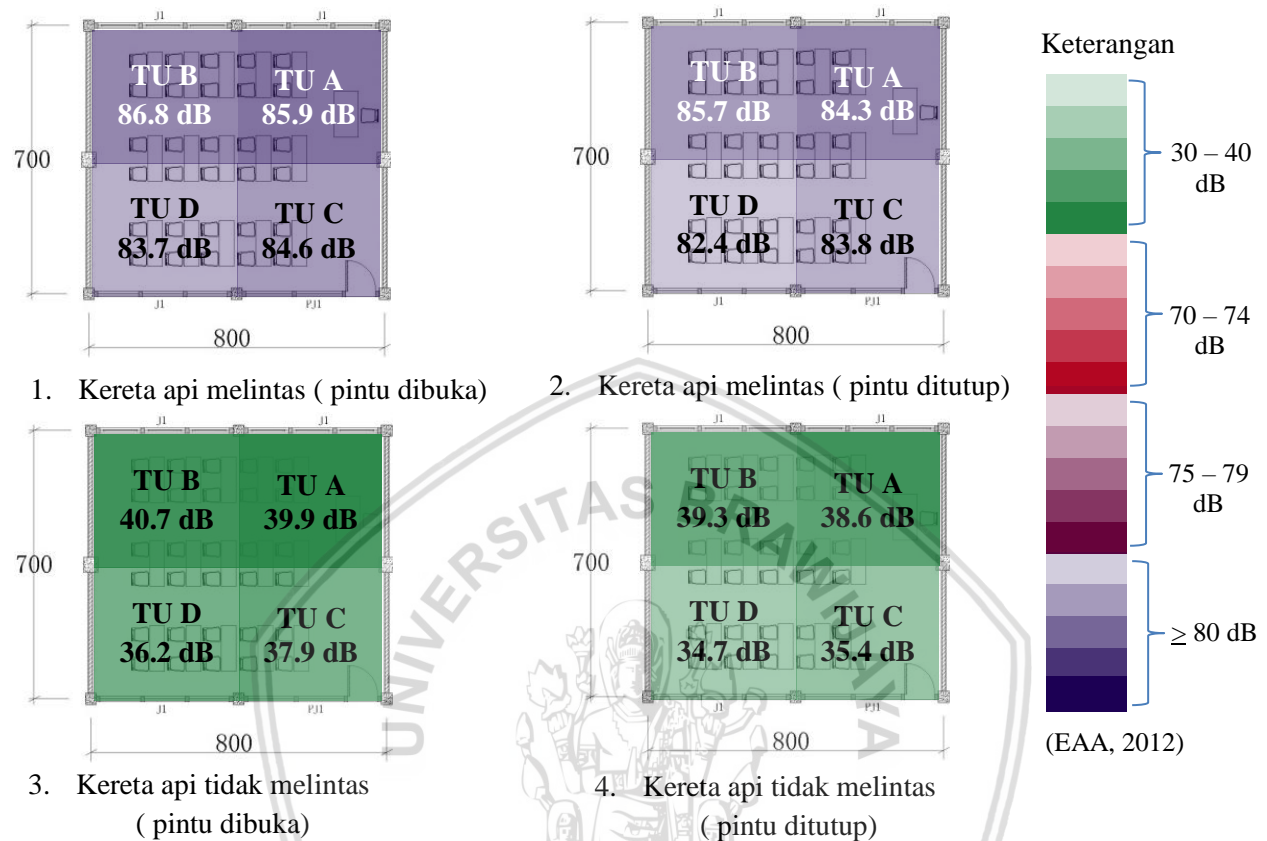
Untuk mengetahui tingkat kebisingan pada ruang kelas menggunakan alat yaitu *Sound Level Meter* merk Lutron SL-4012. Ruang kelas yang dipilih sebagai objek penelitian adalah ruang kelas yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api yaitu ruang kelas 1 s/d 6. Pengukuran dibagi menjadi dua kondisi yaitu dalam keadaan kosong dan adanya kegiatan pembelajaran.

4.2.1 Hasil pengukuran ketika kondisi kelas dalam keadaan kosong

Pengukuran ini dilakukan pada saat tidak adanya kegiatan pembelajaran. Pengukuran ini dilakukan pada saat hari libur yaitu Hari Minggu jam 07.00 – 12.00 WIB. Hasil pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui *background noise level* pada ruang kelas berdasarkan standard *noise criteria*.

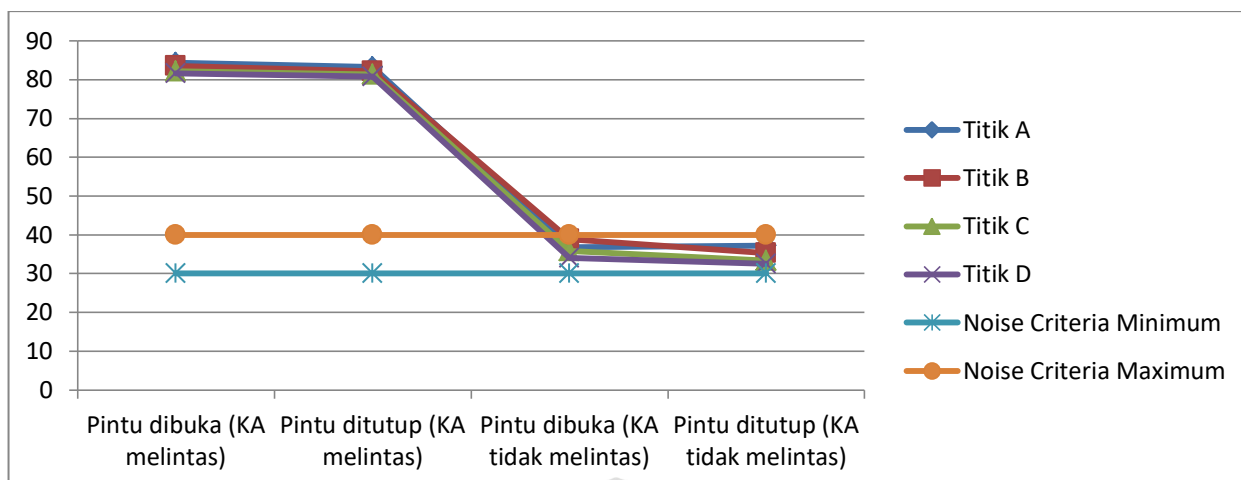
A. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 1

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 1 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.14 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 1 kondisi kosong

Berdasarkan hasil pemetaan tingkat kebisingan pada ruang kelas 1 pada saat kereta api sedang melintas, tingkat kebisingan paling tinggi pada posisi titik ukur A dan B pada saat kondisi pintu dan jendela dibuka maupun ditutup. Hal ini dikarenakan pada posisi ini berdekatan dengan jendela menghadap ke ruang luar yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Sama halnya pada saat kereta api sedang tidak melintas pada posisi titik ukur A dan B memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dikarenakan posisi jendela yang menghadap ke ruang luar. Sedangkan pada titik ukur C dan D posisi jendela menghadap ke lapangan sekolah, tentu pada titik ukur tersebut memiliki tingkat kebisingan yang rendah dikarenakan tidak adanya aktivitas pada area di dalam lapangan sekolah. Intensitas tingkat kebisingan pada titik ukur B lebih tinggi dibandingkan A dikarenakan pada titik ukur A terdapat pepohonan yang mereduksi suara sebelum masuk ke ruang dalam melalui jendela jalusi.



Gambar 4.15 Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 1

Tabel 4.1

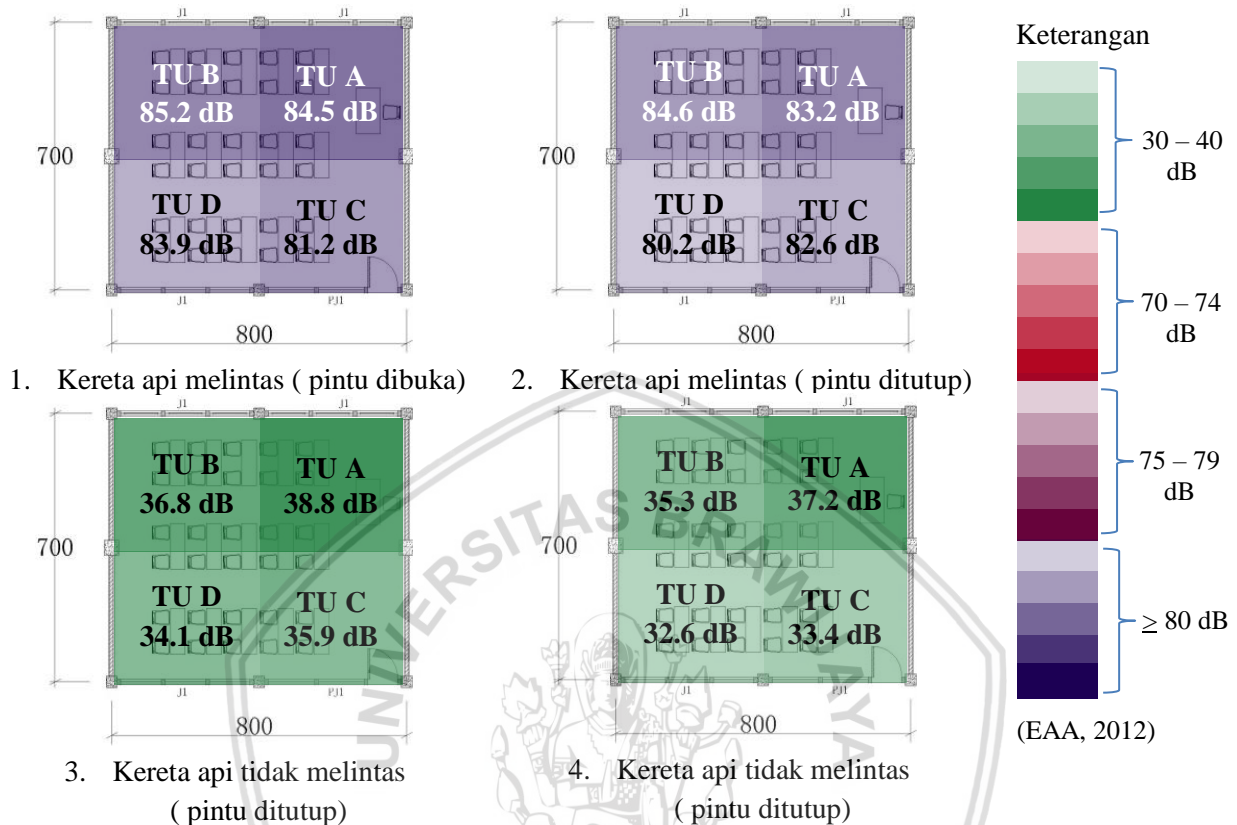
Parameter *noise criteria* sesuai dengan grafik ruang kelas 1

| Titik ukur kebisingan | Sesuai standard <i>noise criteria</i> | Tidak sesuai standard <i>noise criteria</i> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kereta api melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api tidak melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |
| Kereta api tidak melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |

Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan pada saat kereta api sedang melintas pada ruang kelas 1 tidak sesuai dengan standard *noise criteria* pada ruang kelas. Sedangkan pada saat kereta api tidak melintas ruang kelas tersebut sudah sesuai dengan standard *noise criteria*.

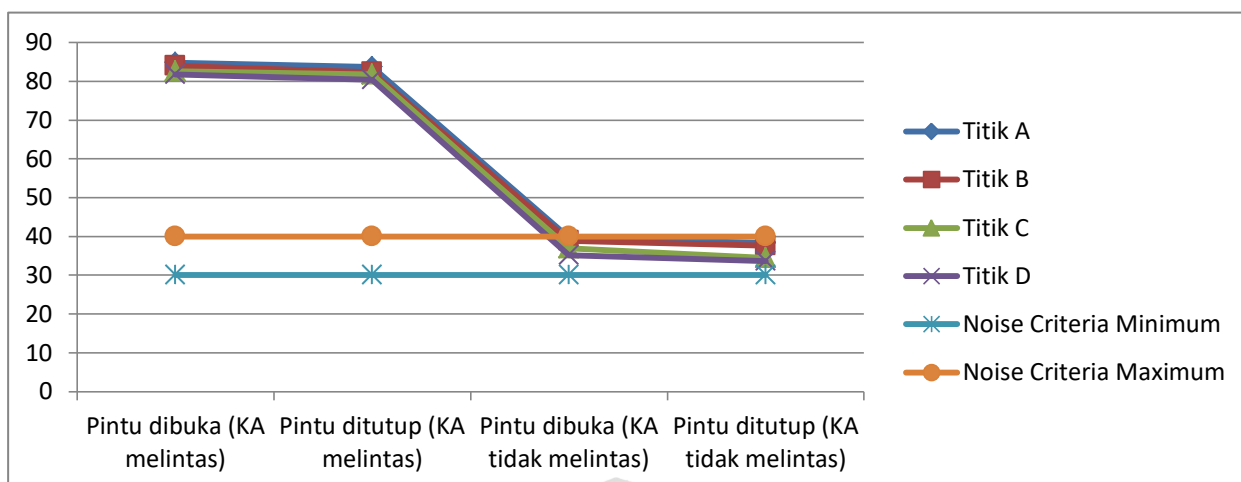
B. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 2

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 2 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.16 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 2 kondisi kosong

Berdasarkan hasil pemetaan tingkat kebisingan pada ruang kelas 2 memiliki analisis yang sama dengan ruang kelas 1. Pada saat kereta api sedang melintas, tingkat kebisingan paling tinggi pada posisi titik ukur A dan B pada saat kondisi pintu dan jendela dibuka maupun ditutup. Hal ini dikarenakan pada posisi ini berdekatan dengan jendela menghadap ke ruang luar yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Sama halnya pada saat kereta api sedang tidak melintas pada posisi titik ukur A dan B memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dikarenakan posisi jendela yang menghadap ke ruang luar. Sedangkan pada titik ukur C dan D posisi jendela menghadap ke lapangan sekolah, tentu pada titik ukur tersebut memiliki tingkat kebisingan yang rendah dikarenakan tidak adanya aktivitas pada area di dalam lapangan sekolah. Secara intensitas tingkat kebisingan pada ruang kelas 2 memiliki intensitas lebih rendah dibandingkan kelas 1 dikarenakan pada ruang kelas 2 memiliki tajuk pohon yang lebih rindang dibandingkan pada ruang kelas 1.



Gambar 4.17 Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 2

Tabel 4.2

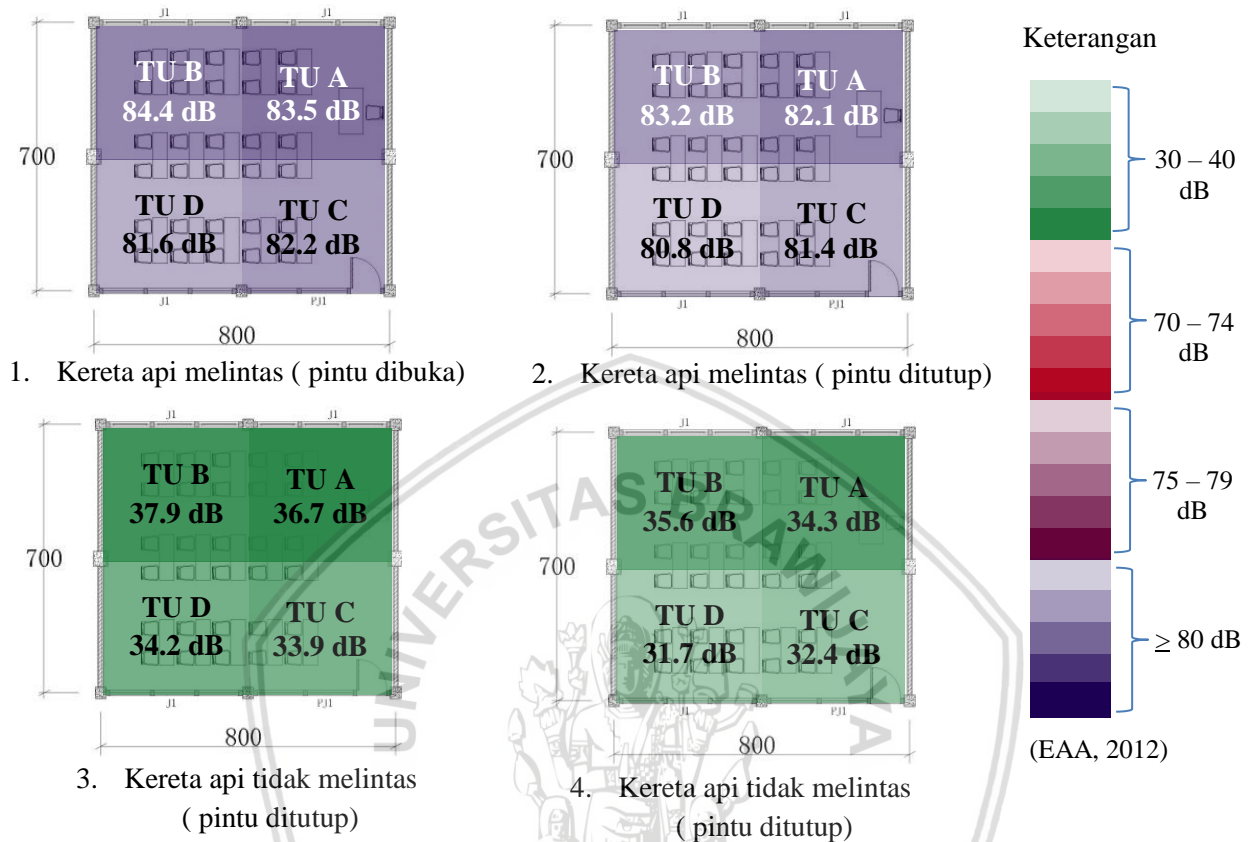
Parameter *noise criteria* sesuai dengan grafik ruang kelas 2

| Titik ukur kebisingan | Sesuai standard <i>noise criteria</i> | Tidak sesuai standard <i>noise criteria</i> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kereta api melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api tidak melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |
| Kereta api tidak melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |

Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan pada saat kereta api sedang melintas pada ruang kelas 2 tidak sesuai dengan standard *noise criteria* pada ruang kelas. Sedangkan pada saat kereta api tidak melintas ruang kelas tersebut sudah sesuai dengan standard *noise criteria*.

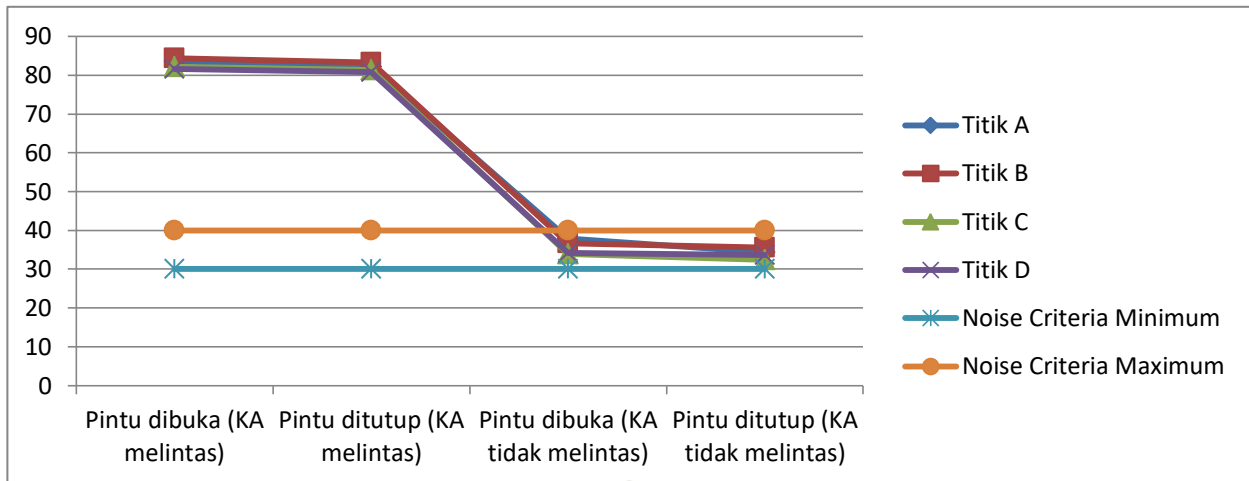
C. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 3

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 3 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.18 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 3 kondisi kosong

Berdasarkan hasil pemetaan tingkat kebisingan pada ruang kelas 3 memiliki analisis yang sama dengan ruang kelas 1 dan 2. Pada saat kereta api sedang melintas, tingkat kebisingan paling tinggi pada posisi titik ukur A dan B pada saat kondisi pintu dan jendela dibuka maupun ditutup. Hal ini dikarenakan pada posisi ini berdekatan dengan jendela menghadap ke ruang luar yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Sama halnya pada saat kereta api sedang tidak melintas pada posisi titik ukur A dan B memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dikarenakan posisi jendela yang menghadap ke ruang luar. Sedangkan pada titik ukur C dan D posisi jendela menghadap ke lapangan sekolah, tentu pada titik ukur tersebut memiliki tingkat kebisingan yang rendah dikarenakan tidak adanya aktivitas pada area di dalam lapangan sekolah. Secara intensitas kebisingan pada ruang kelas 3 lebih rendah dibandingkan kelas 1 dan 2 hal ini dikarenakan pepohonan memiliki tajuk yang rindang yang mereduksi kebisingan.



Gambar 4.19 Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 3

Tabel 4.3

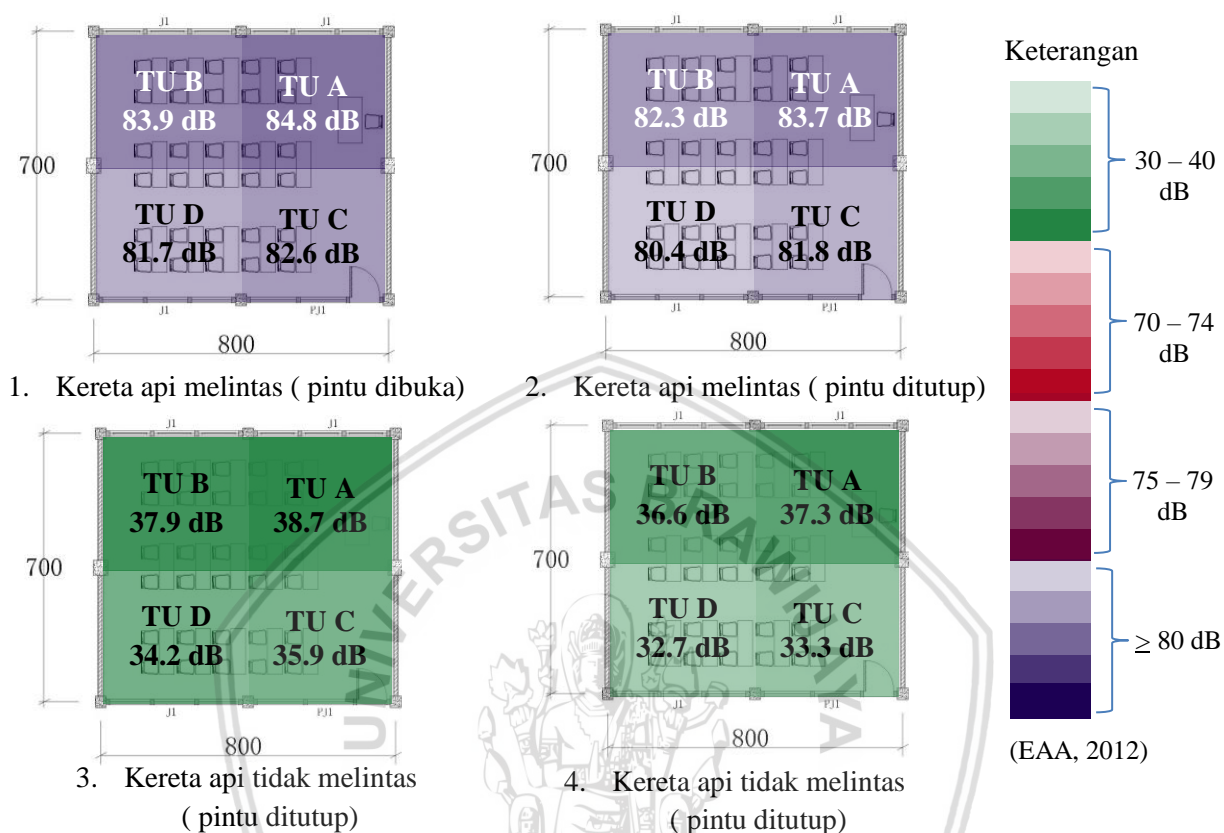
Parameter *noise criteria* sesuai dengan grafik ruang kelas 3

| Titik ukur kebisingan | Sesuai standard <i>noise criteria</i> | Tidak sesuai standard <i>noise criteria</i> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kereta api melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api tidak melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |
| Kereta api tidak melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |

Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan pada saat kereta api sedang melintas pada ruang kelas 3 tidak sesuai dengan standard *noise criteria* pada ruang kelas. Sedangkan pada saat kereta api tidak melintas ruang kelas tersebut sudah sesuai dengan standard *noise criteria*.

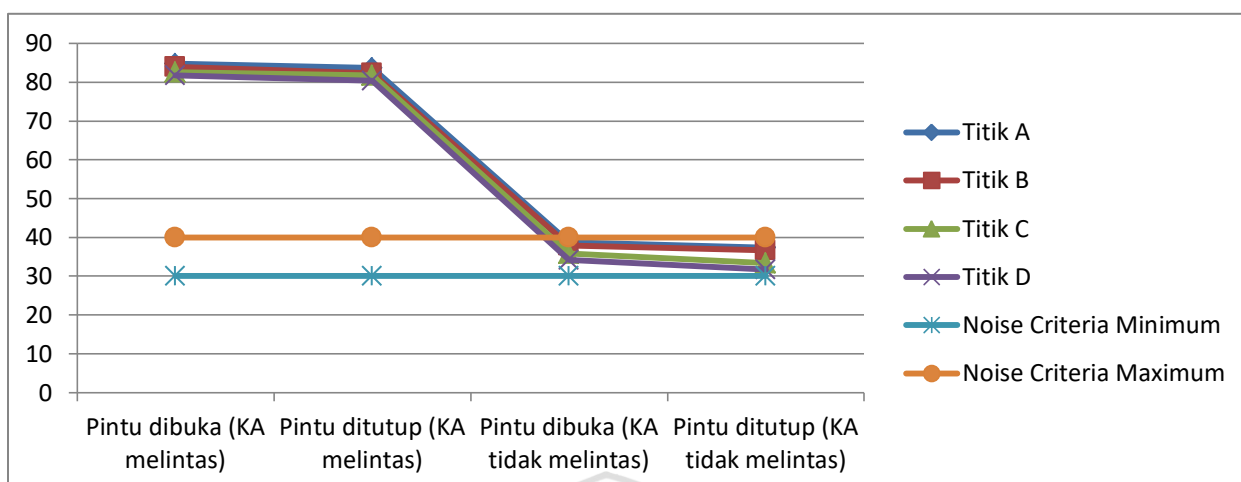
D. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 4

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 4 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.20 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 4 kondisi kosong

Berdasarkan hasil pemetaan tingkat kebisingan pada ruang kelas 3 memiliki analisis yang sama dengan ruang kelas 1, 2, dan 3. Pada saat kereta api sedang melintas, tingkat kebisingan paling tinggi pada posisi titik ukur A dan B pada saat kondisi pintu dan jendela dibuka maupun ditutup. Hal ini dikarenakan pada posisi ini berdekatan dengan jendela menghadap ke ruang luar yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Sama halnya pada saat kereta api sedang tidak melintas pada posisi titik ukur A dan B memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dikarenakan posisi jendela yang menghadap ke ruang luar. Sedangkan pada titik ukur C dan D posisi jendela menghadap ke lapangan sekolah, tentu pada titik ukur tersebut memiliki tingkat kebisingan yang rendah dikarenakan tidak adanya aktivitas pada area di dalam lapangan sekolah. Secara intensitas kebisingan pada ruang kelas 4 lebih tinggi dibandingkan ruang kelas 3 hal ini dikarenakan pada ruang luar memiliki tajuk pohon yang lebih sedikit dibandingkan pepohonan tersebut.



Gambar 4.21 Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 4

Tabel 4.4

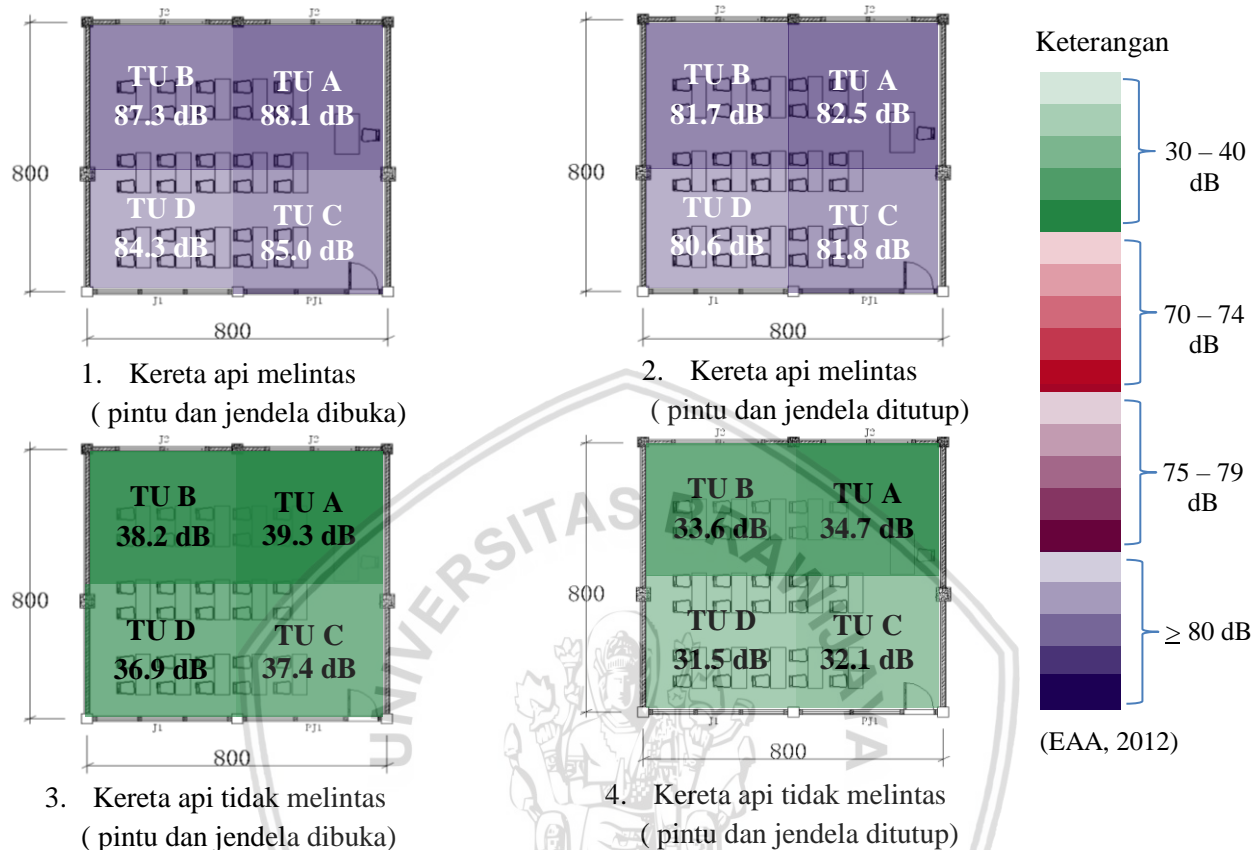
Parameter *noise criteria* sesuai dengan grafik ruang kelas 4

| Titik ukur kebisingan | Sesuai standard <i>noise criteria</i> | Tidak sesuai standard <i>noise criteria</i> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kereta api melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | | ✗ |
| Titik ukur B | | ✗ |
| Titik ukur C | | ✗ |
| Titik ukur D | | ✗ |
| Kereta api tidak melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |
| Kereta api tidak melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |

Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan pada saat kereta api sedang melintas pada ruang kelas 4 tidak sesuai dengan standard *noise criteria* pada ruang kelas. Sedangkan pada saat kereta api tidak melintas ruang kelas tersebut sudah sesuai dengan standard *noise criteria*.

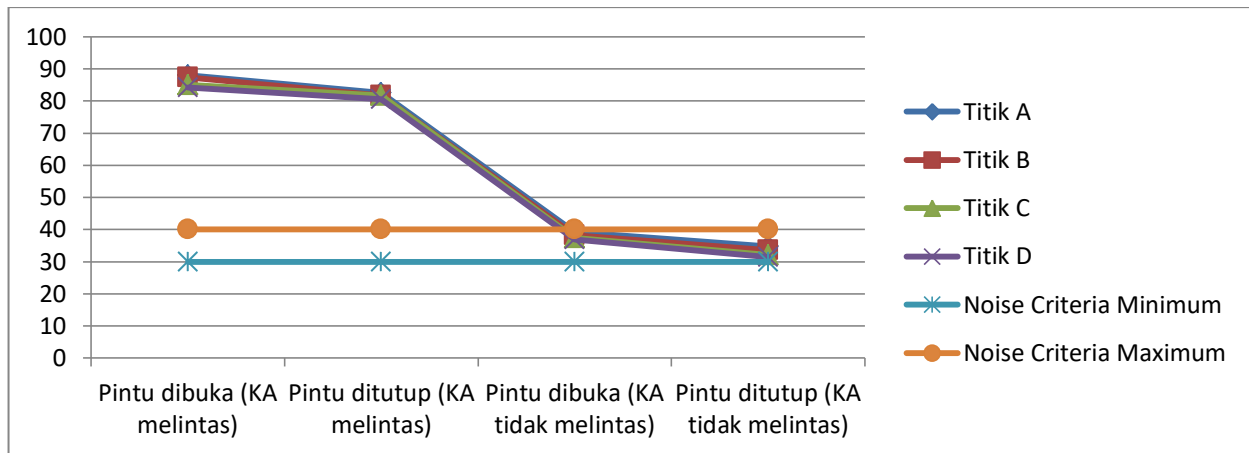
E. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 5

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 5 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.22 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 5 kondisi kosong

Berdasarkan hasil pemetaan tingkat kebisingan pada ruang kelas 5 memiliki analisis yang sama dengan ruang kelas 1, 2, 3, dan 4. Pada saat kereta api sedang melintas, tingkat kebisingan paling tinggi pada posisi titik ukur A dan B pada saat kondisi pintu dan jendela dibuka maupun ditutup. Hal ini dikarenakan pada posisi ini berdekatan dengan jendela menghadap ke ruang luar yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Sama halnya pada saat kereta api sedang tidak melintas pada posisi titik ukur A dan B memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dikarenakan posisi jendela yang menghadap ke ruang luar. Sedangkan pada titik ukur C dan D posisi jendela menghadap ke lapangan sekolah, tentu pada titik ukur tersebut memiliki tingkat kebisingan yang rendah dikarenakan tidak adanya aktivitas pada area di dalam lapangan sekolah. Secara intensitas kebisingan pada ruang kelas 5 lebih tinggi dibandingkan ruang kelas 1 s/d 4 hal ini dikarenakan pada ruang kelas 5 memiliki letak bangunan yang lebih maju 1 meter dekat dengan perlintasan rel kereta api dibandingkan ruang kelas yang lain.



Gambar 4.23 Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 5

Tabel 4.5

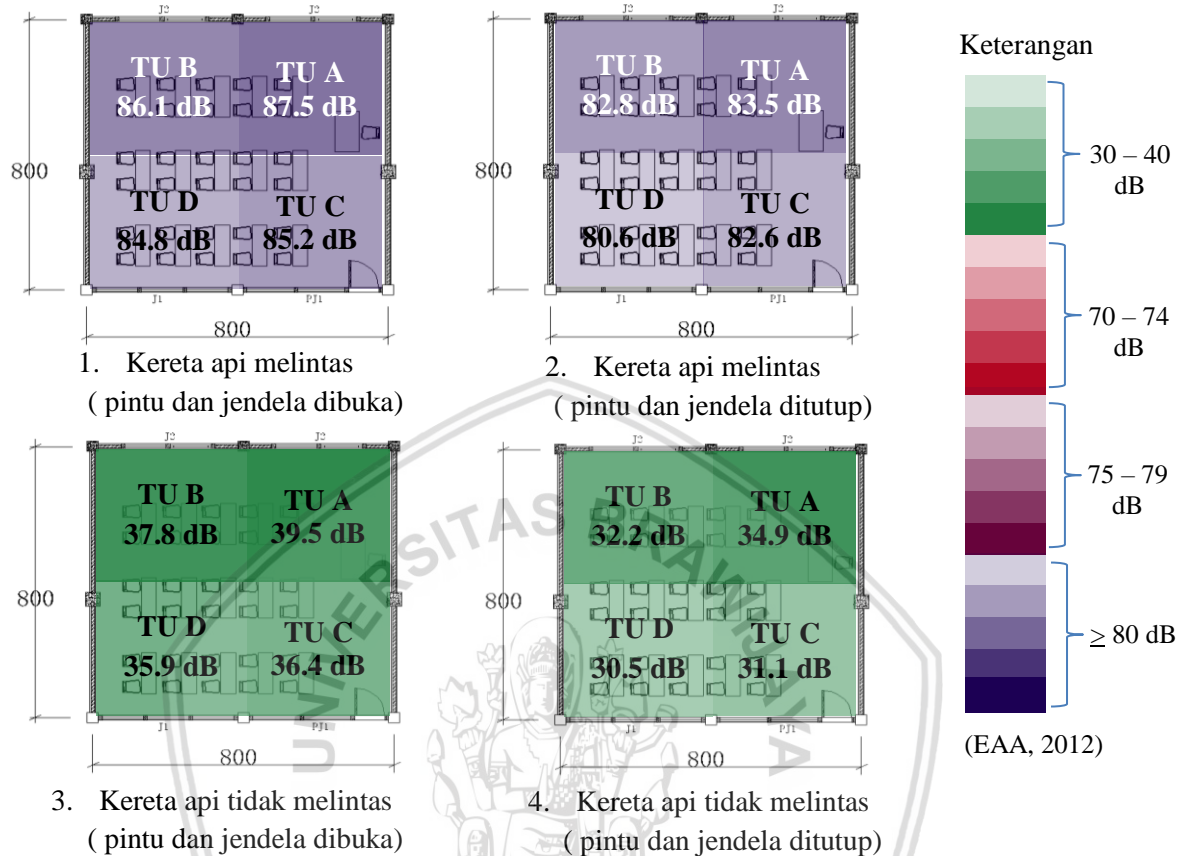
Parameter *noise criteria* sesuai dengan grafik ruang kelas 5

| Titik ukur kebisingan | Sesuai standard <i>noise criteria</i> | Tidak sesuai standard <i>noise criteria</i> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kereta api melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | | × |
| Titik ukur B | | × |
| Titik ukur C | | × |
| Titik ukur D | | × |
| Kereta api melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | | × |
| Titik ukur B | | × |
| Titik ukur C | | × |
| Titik ukur D | | × |
| Kereta api tidak melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |
| Kereta api tidak melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |

Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan pada saat kereta api sedang melintas pada ruang kelas 5 tidak sesuai dengan standard *noise criteria* pada ruang kelas. Sedangkan pada saat kereta api tidak melintas ruang kelas tersebut sudah sesuai dengan standard *noise criteria*.

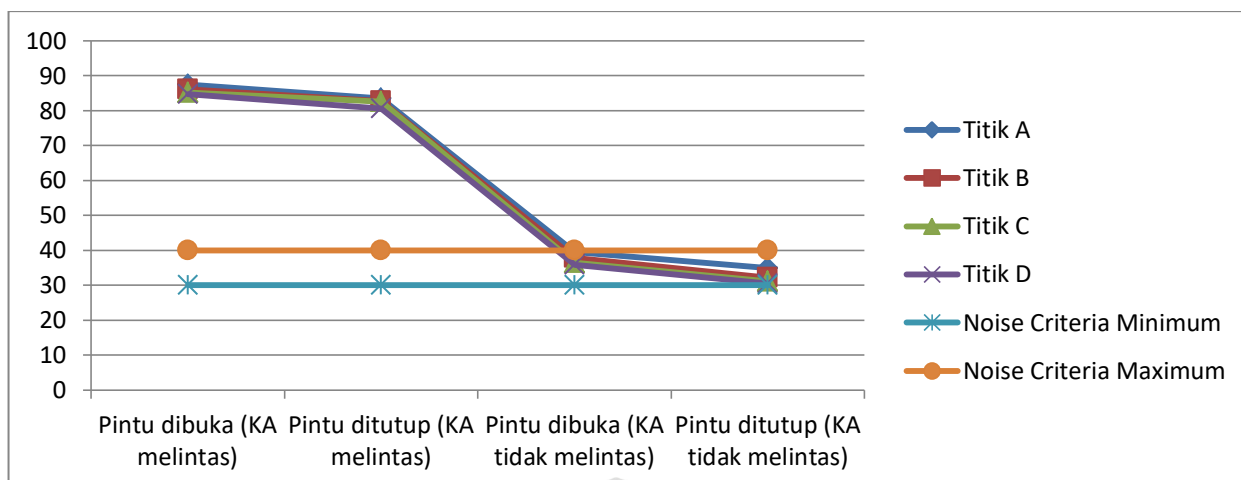
F. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 6

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 6 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.24 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 6 kondisi kosong

Berdasarkan hasil pemetaan tingkat kebisingan pada ruang kelas 6 memiliki analisis yang sama dengan ruang kelas 1, 2, 3, 4, dan 5. Pada saat kereta api sedang melintas, tingkat kebisingan paling tinggi pada posisi titik ukur A dan B pada saat kondisi pintu dan jendela dibuka maupun ditutup. Hal ini dikarenakan pada posisi ini berdekatan dengan jendela menghadap ke ruang luar yang berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Sama halnya pada saat kereta api sedang tidak melintas pada posisi titik ukur A dan B memiliki tingkat kebisingan yang lebih tinggi dikarenakan posisi jendela yang menghadap ke ruang luar. Sedangkan pada titik ukur C dan D posisi jendela menghadap ke lapangan sekolah, tentu pada titik ukur tersebut memiliki tingkat kebisingan yang rendah dikarenakan tidak adanya aktivitas pada area di dalam lapangan sekolah. Secara intensitas kebisingan pada ruang kelas 6 memiliki analisis yang sama dengan kelas 5, akan tetapi memiliki tingkat kebisingan lebih rendah dibandingkan kelas 5 dikarenakan memiliki tajuk pohon yang lebih rindang untuk mereduksi kebisingan.



Gambar 4.25 Grafik tingkat kebisingan terhadap standard kebisingan pada ruang kelas 6

Tabel 4.6

Parameter *noise criteria* sesuai dengan grafik ruang kelas 6

| Titik ukur kebisingan | Sesuai standard <i>noise criteria</i> | Tidak sesuai standard <i>noise criteria</i> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kereta api melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | | × |
| Titik ukur B | | × |
| Titik ukur C | | × |
| Titik ukur D | | × |
| Kereta api melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | | × |
| Titik ukur B | | × |
| Titik ukur C | | × |
| Titik ukur D | | × |
| Kereta api tidak melintas (pintu dibuka) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |
| Kereta api tidak melintas (pintu ditutup) | | |
| Titik ukur A | ✓ | |
| Titik ukur B | ✓ | |
| Titik ukur C | ✓ | |
| Titik ukur D | ✓ | |

Dari hasil analisis tersebut maka dapat disimpulkan pada saat kereta api sedang melintas pada ruang kelas 6 tidak sesuai dengan standard *noise criteria* pada ruang kelas. Sedangkan pada saat kereta api tidak melintas ruang kelas tersebut sudah sesuai dengan standard *noise criteria*.

Berdasarkan data yang didapat dari pengukuran di lapangan tersebut kemudian dianalisis dapat disimpulkan bahwa ketika kelas dalam keadaan kosong kebisingan terbesar pada titik A dan titik B karena berdekatan dengan perlintasan rel kereta api. Pada area kelas 5 dan 6 memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi dibandingkan kelas 1 s/d 4. Hal ini dikarenakan letak bangunan pada ruang kelas 5 dan kelas 6 lebih maju 1 meter dekat dengan perlintasan rel kereta api. Selain itu ada ruang kelas tersebut menggunakan tipe bukaan *awning windows* sehingga suara yang berasal dari kereta api dapat masuk melalui sudut bukaan dari jendela tersebut. Sedangkan pada ruang kelas 1 s/d 4 menggunakan tipe bukaan *fixed windows* sehingga suara dapat tereduksi akan tetapi suara dapat masuk melalui kisi kisi jendela yang berada di atas *fixed windows*.

Tingkat kebisingan pada ruang kelas ketika kereta api melintas memiliki rentang 80.2 dB - 89.3 dB. Hal ini menunjukkan bahwa ruang kelas tersebut tidak memenuhi kriteria sesuai standard yaitu 30 – 40 dB. Lain halnya, pada saat kereta api sedang tidak melintas ruang kelas memiliki rentang tingkat kebisingan yaitu 30.5 – 40.7 dB. Rentang tingkat kebisingan tersebut sudah memenuhi kriteria standard pada ruang kelas.

Selisih tingkat kebisingan pada ruang kelas 1 s/d 4 ketika dalam pengukuran pintu dalam keadaan terbuka dan tutup yaitu 0.7 dB – 1.0 dB. Sedangkan selisih tingkat kebisingan ketika dalam pengukuran pintu dan jendela dalam keadaan terbuka dan tertutup pada ruang kelas 5 dan 6 yaitu 4.6 – 5.4 dB. Dari hasil selisih tersebut dapat diketahui bahwa penerapan tipe jendela yang berbeda yaitu tipe *awning windows* dan *fixed windows* pada ruang kelas berpengaruh pada tingkat kebisingan pada suatu ruang.

Tidak hanya dari tipe bukaan, melainkan pepohonan pada ruang luar yang membatasi area lingkungan sekolah dengan perlintasan rel kereta api berpengaruh pada tingkat kebisingan suatu ruangan. Pada ruang kelas 3 memiliki tingkat kebisingan yang lebih rendah yaitu dengan selisih 1.3 s/d 4.6 dB dibandingkan dengan kelas yang lain. Hal ini dikarenakan pada area ruang kelas 3 terdapat pohon yang memiliki tajuk yang rindang pada ruang luar. Dimana pohon ini mampu mereduksi suara yang masuk melalui celah jendela jalusi. Akan tetapi dengan adanya vegetasi yang berada dekat dengan jendela ruang kelas cukup membantu dalam mereduksi kebisingan dari kereta api ketika melintas.



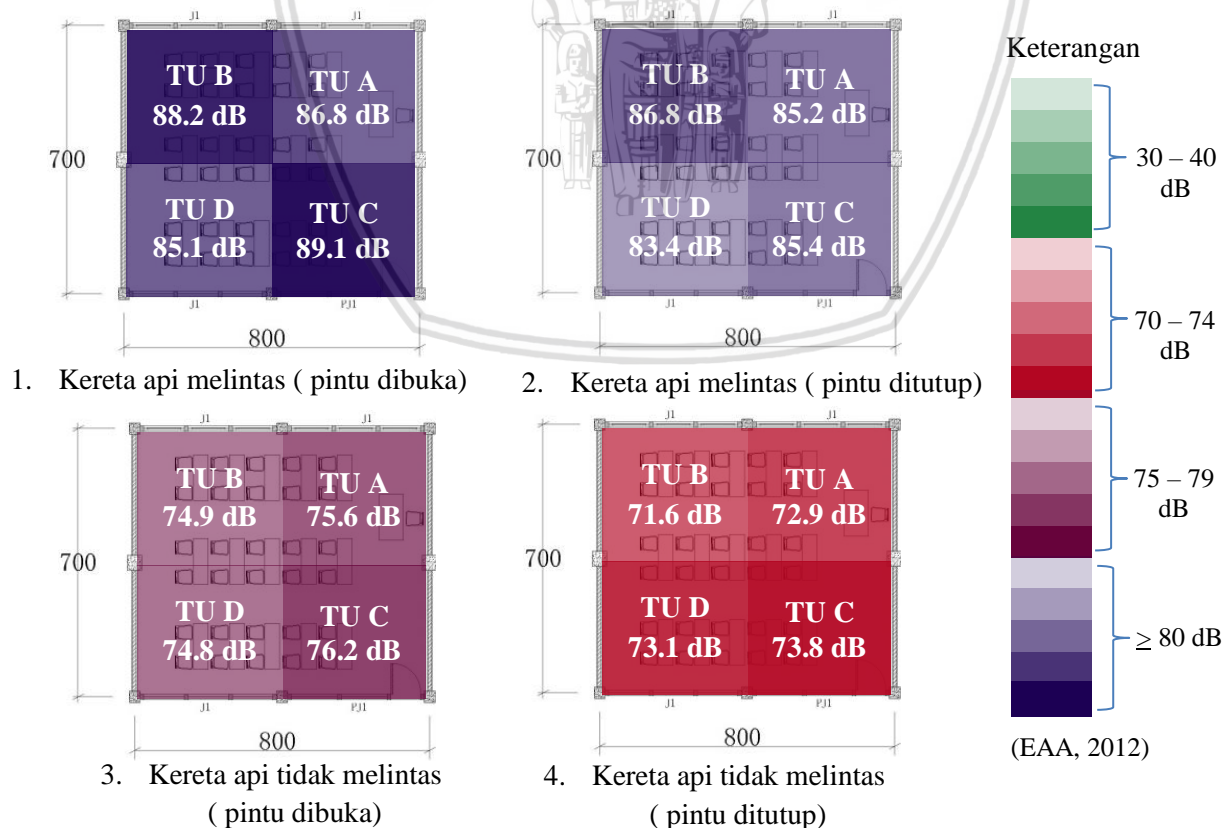
Gambar 4.26 (a) ruang kelas dalam kondisi kosong (b) vegetasi yang dekat dengan jendela sebagai pereduksi

4.2.2 Hasil pengukuran ketika kondisi kelas dalam keadaan kegiatan pembelajaran

Pengukuran ini dilakukan pada saat kondisi kelas terjadi kegiatan pembelajaran. Pengukuran ini dilakukan pada hari senin sampai dengan sabtu jam 07.00 - 12.00 WIB. Hasil pengukuran ini sebagai acuan untuk parameter *signal noise to ratio* (SNR) sebagai penilaian kejelasan dalam bercakap.

A. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 1

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 1 maka didapatkan hasil sebagai berikut :

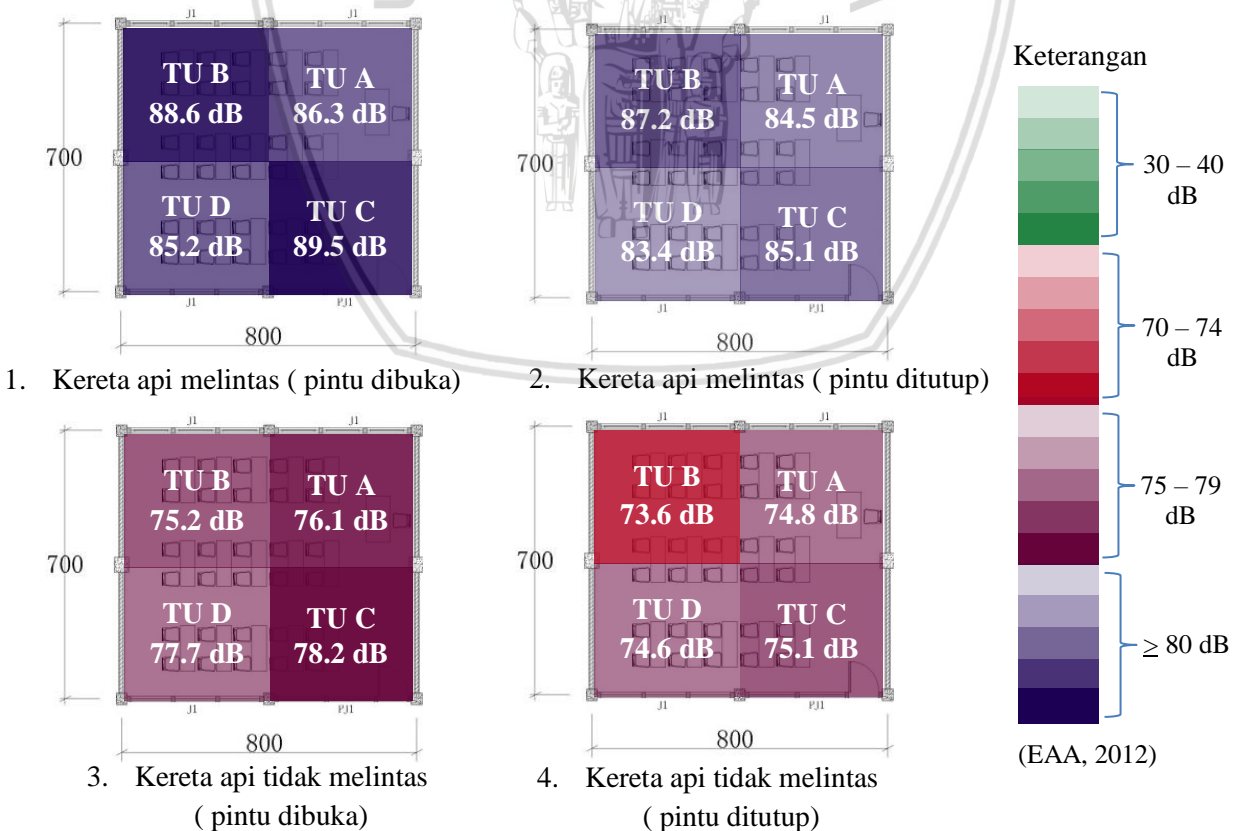


Gambar 4.27 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 1 kondisi kegiatan pembelajaran

Berdasarkan hasil pemetaan pengukuran kebisingan pada ruang kelas 1 dalam kondisi kelas terjadi kegiatan pembelajaran yaitu pada saat ketika kereta api sedang melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan sumber kebisingan tidak hanya berasal dari kereta api melainkan kebisingan dari murid yang melewati koridor kelas dan murid di lapangan sekolah. Akan tetapi pada saat kondisi pintu ditutup, titik ukur B memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada titik ukur B berdekatan dengan jendela yang menghadap langsung ke ruang luar yaitu perlintasan rel kereta api dan tidak dilindungi oleh vegetasi dengan tajuk pohon yang rindang. Sedangkan pada titik ukur C kebisingan yang berasal dari lapangan sekolah dapat tereduksi 3.7 dB ketika pintu dalam keadaan tertutup. Sama halnya ketika kereta api tidak melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C lebih besar dibandingkan titik ukur yang lainnya. Akan tetapi ketika pintu ditutup, titik ukur C mengalami penurunan tingkat kebisingan hingga 3.3 dB.

B. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 2

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 2 maka didapatkan hasil sebagai berikut :

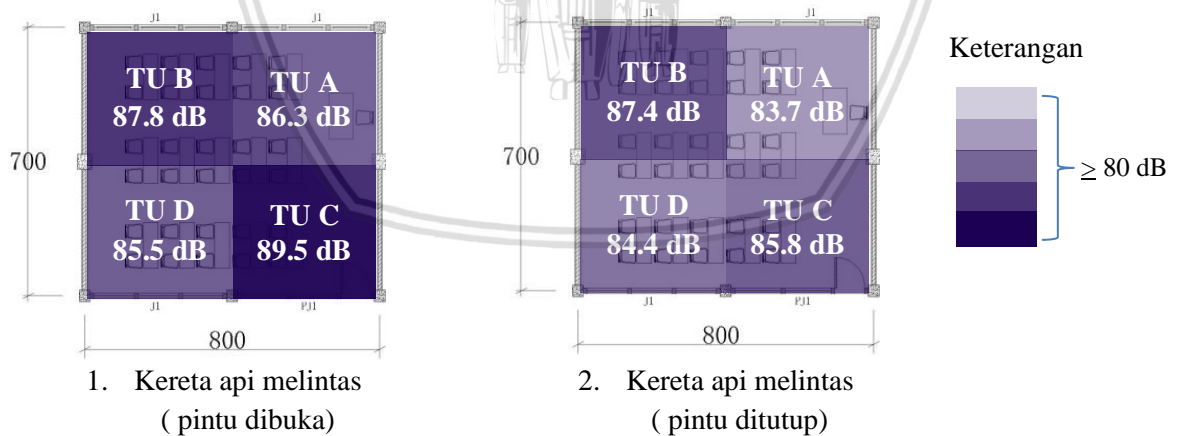


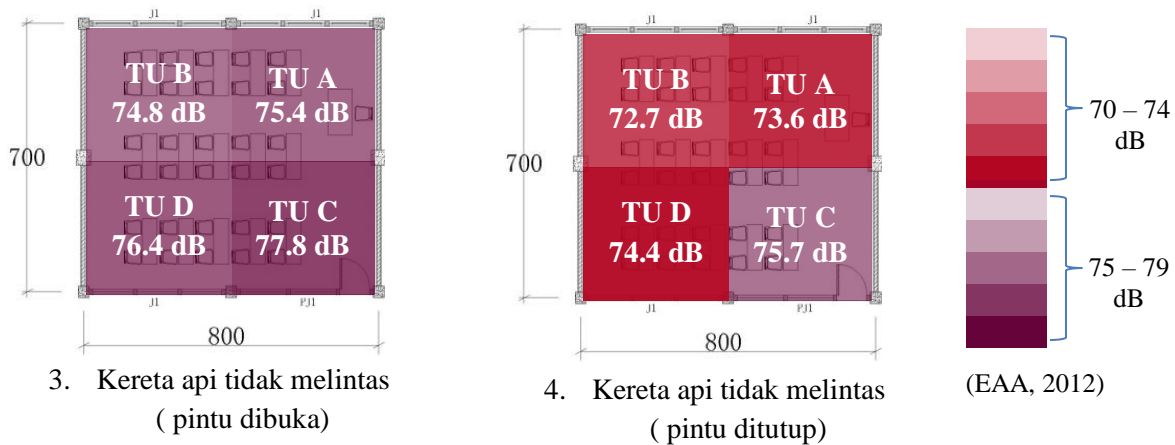
Gambar 4.28 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 2 kondisi kegiatan pembelajaran

Berdasarkan hasil pemetaan pengukuran kebisingan pada ruang kelas 2 dalam kondisi kelas terjadi kegiatan pembelajaran yaitu pada saat ketika kereta api sedang melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan sumber kebisingan tidak hanya berasal dari kereta api melainkan kebisingan dari murid yang melewati koridor kelas dan murid di lapangan sekolah. Akan tetapi pada saat kondisi pintu ditutup, titik ukur B memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada titik ukur B berdekatan dengan jendela yang menghadap langsung ke ruang luar yaitu perlintasan rel kereta api dan tidak dilindungi oleh vegetasi dengan tajuk pohon yang rindang. Sedangkan pada titik ukur C kebisingan yang berasal dari lapangan sekolah dapat tereduksi 4.4 dB ketika pintu dalam keadaan tertutup. Sama halnya ketika kereta api tidak melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C lebih besar dibandingkan titik ukur yang lainnya. Akan tetapi ketika pintu ditutup, titik ukur C mengalami penurunan tingkat kebisingan hingga 3.3 dB. Tingkat kebisingan pada ruang kelas 2 lebih tinggi dikarenakan jumlah murid yang berada di kelas 2 lebih banyak dibandingkan kelas 1. Sehingga bising interior sangat berpengaruh terhadap tingkat kebisingan.

C. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 3

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 3 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



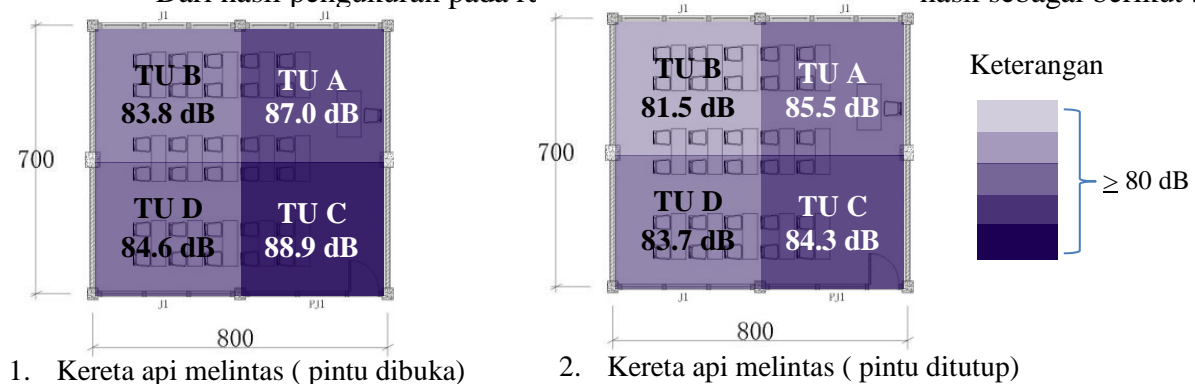


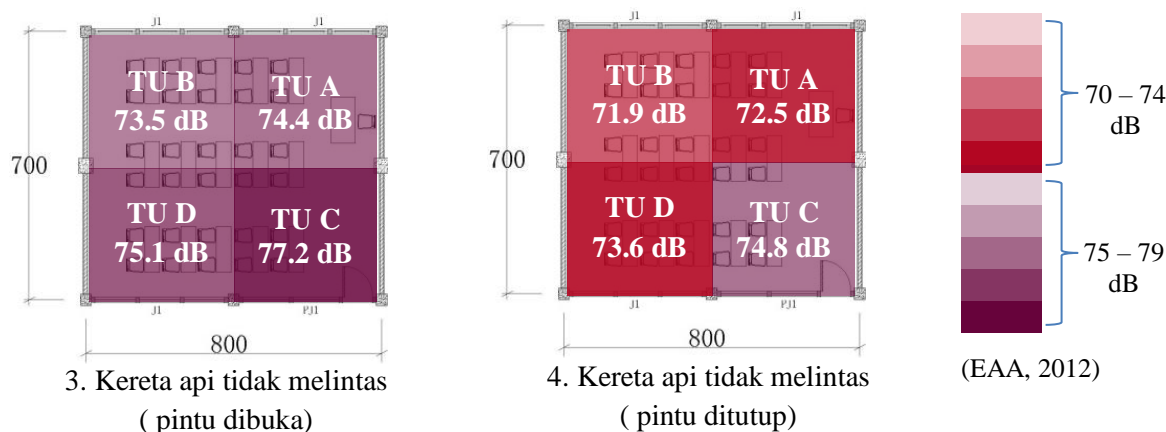
Gambar 4.29 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 3 kondisi kegiatan pembelajaran

Berdasarkan hasil pemetaan pengukuran kebisingan pada ruang kelas 3 dalam kondisi kelas terjadi kegiatan pembelajaran yaitu pada saat ketika kereta api sedang melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan sumber kebisingan tidak hanya berasal dari kereta api melainkan kebisingan dari murid yang melewati koridor kelas dan murid di lapangan sekolah. Akan tetapi pada saat kondisi pintu ditutup, titik ukur B memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada titik ukur B berdekatan dengan jendela yang menghadap langsung ke ruang luar yaitu perlintasan rel kereta api dan tidak dilindungi oleh vegetasi dengan tajuk pohon yang rindang. Sedangkan pada titik ukur C kebisingan yang berasal dari lapangan sekolah dapat tereduksi 4.4 dB ketika pintu dalam keadaan tertutup. Sama halnya ketika kereta api tidak melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C lebih besar dibandingkan titik ukur yang lainnya. Akan tetapi ketika pintu ditutup, titik ukur C mengalami penurunan tingkat kebisingan hingga 3.3 dB. Tingkat kebisingan pada ruang kelas 3 setara dengan ruang kelas 2. Hal ini dikarenakan pada ruang kelas 2 dan 3 memiliki jumlah murid yang sama.

D. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 4

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 4 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



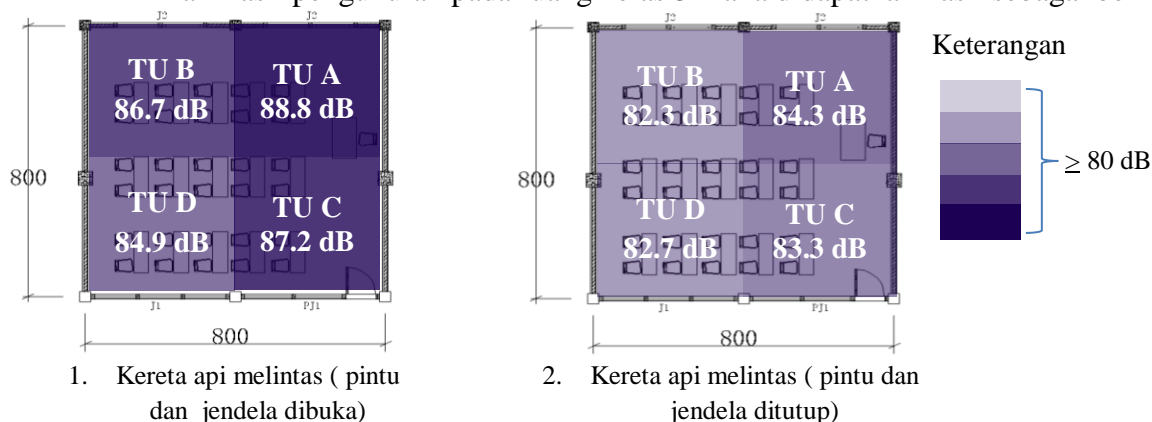


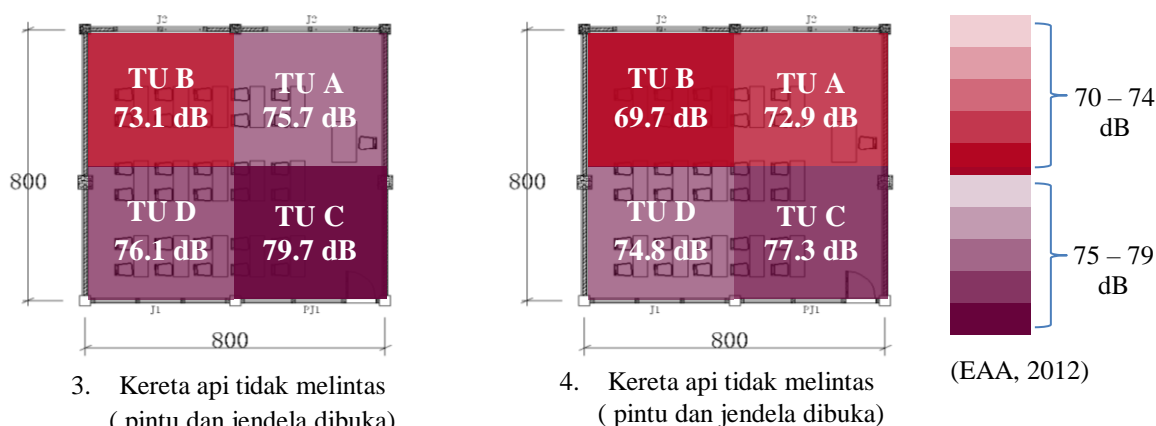
Gambar 4.30 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 4 kondisi kegiatan pembelajaran

Berdasarkan hasil pemetaan pengukuran kebisingan pada ruang kelas 4 dalam kondisi kelas terjadi kegiatan pembelajaran yaitu pada saat ketika kereta api sedang melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan sumber kebisingan tidak hanya berasal dari kereta api melainkan kebisingan dari murid yang melewati koridor kelas dan murid di lapangan sekolah. Akan tetapi pada saat kondisi pintu ditutup, titik ukur A memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada titik ukur A berdekatan dengan jendela yang menghadap langsung ke ruang luar yaitu perlintasan rel kereta api dan tidak dilindungi oleh vegetasi dengan tajuk pohon yang rindang. Sedangkan pada titik ukur C kebisingan yang berasal dari lapangan sekolah dapat tereduksi 4.6 dB ketika pintu dalam keadaan tertutup. Sama halnya ketika kereta api tidak melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C lebih besar dibandingkan titik ukur yang lainnya. Akan tetapi ketika pintu ditutup, titik ukur C mengalami penurunan tingkat kebisingan hingga 2.7 dB. Tingkat kebisingan pada ruang kelas 4 lebih kecil dengan ruang kelas 3. Hal ini dikarenakan pada ruang kelas 4 lebih sedikit dengan ruang kelas 3.

E. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 5

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 5 maka didapatkan hasil sebagai berikut :



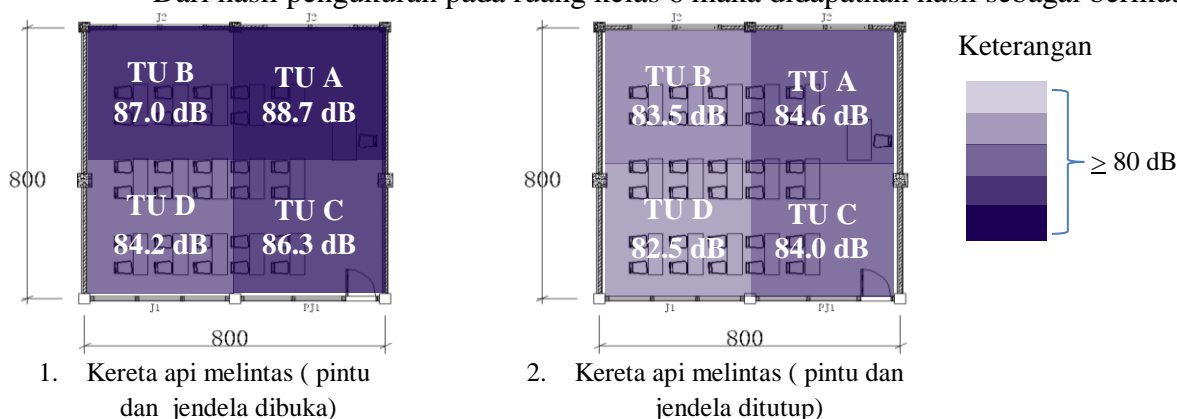


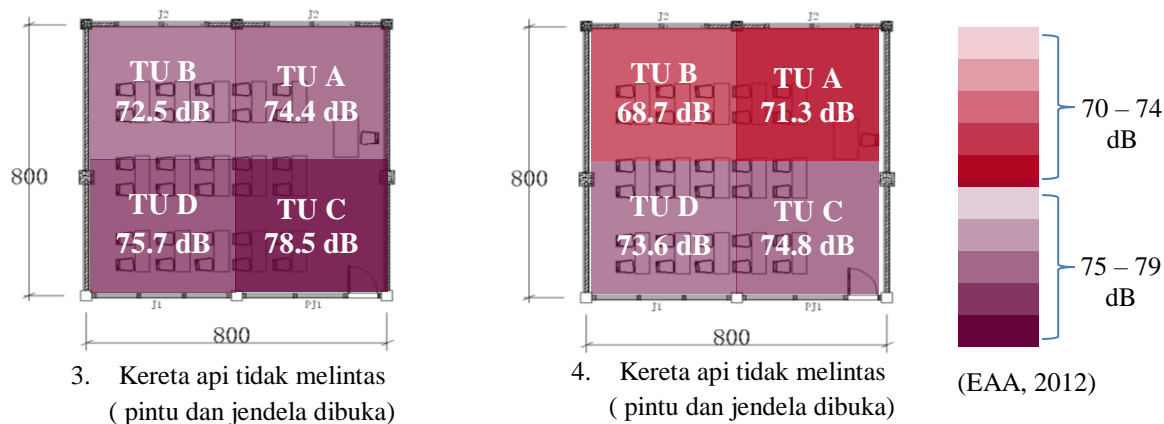
Gambar 4.31 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 5 kondisi kegiatan pembelajaran

Berdasarkan hasil pemetaan pengukuran kebisingan pada ruang kelas 5 dalam kondisi kelas terjadi kegiatan pembelajaran yaitu pada saat ketika kereta api sedang melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur A memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan letak bangunan kelas 5 yang lebih maju 1 meter dekat dengan perlintasan rel kereta api dibandingkan kelas 1 s/d 4. Selain itu tipe jendela yang digunakan yaitu *awning windows* sehingga suara bising yang masuk lebih besar. Pada saat kondisi jendela ditutup, titik ukur A mengalami reduksi sebesar 4.4 dB. Sedangkan pada titik ukur C kebisingan yang berasal dari lapangan sekolah dapat tereduksi 3.9 dB ketika pintu dalam keadaan tertutup. Lain halnya ketika kereta api tidak melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C lebih besar dibandingkan titik ukur yang lainnya dikarenakan pada titik ukur C menghadap langsung ke arah lapangan sekolah dan elevasi lantai yang lebih rendah dibandingkan kelas 1 s/d 4. Akan tetapi ketika pintu ditutup, titik ukur C mengalami penurunan tingkat kebisingan hingga 2.4 dB. Tingkat kebisingan pada ruang kelas 5 lebih besar dibandingkan dengan ruang kelas 1 s/d 4. Hal ini dikarenakan pada ruang kelas 5 memiliki jumlah murid lebih banyak dan pada area depan kelas tidak tertutupi oleh vegetasi.

F. Hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 6

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 6 maka didapatkan hasil sebagai berikut :





Gambar 4.32 Pemetaan tingkat kebisingan pada denah ruang kelas 6 kondisi kegiatan pembelajaran

Berdasarkan hasil pemetaan pengukuran kebisingan pada ruang kelas 6 dalam kondisi kelas terjadi kegiatan pembelajaran yaitu pada saat ketika kereta api sedang melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur A memiliki intensitas kebisingan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan letak bangunan kelas 6 yang lebih maju 1 meter dekat dengan perlintasan rel kereta api dibandingkan kelas 1 s/d 4. Selain itu tipe jendela yang digunakan yaitu *awning windows* sehingga suara bising yang masuk lebih besar. Pada saat kondisi jendela ditutup, titik ukur A mengalami reduksi sebesar 4.1 dB. Sedangkan pada titik ukur C kebisingan yang berasal dari lapangan sekolah dapat tereduksi 2.3 dB ketika pintu dalam keadaan tertutup. Sama halnya ketika kereta api tidak melintas dalam kondisi pintu dibuka, titik ukur C lebih besar dibandingkan titik ukur yang lainnya dikarenakan pada titik ukur C menghadap langsung ke koridor ruang kelas. Akan tetapi ketika pintu ditutup, titik ukur C mengalami penurunan tingkat kebisingan hingga 3.9 dB. Tingkat kebisingan pada ruang kelas 6 lebih kecil dibandingkan dengan ruang kelas 5. Hal ini dikarenakan letak ruang yang berada di ujung sehingga tidak menghadap langsung ke arah lapangan.

Berdasarkan hasil pengukuran kebisingan pada ruang kelas 1 s/d 6 pada saat kelas dalam kegiatan pembelajaran dapat disimpulkan bahwa kelas 5 dan 6 memiliki tingkat kebisingan paling tinggi. Hal ini dikarenakan pada ruang kelas tersebut memiliki letak kelas 1 meter lebih dekat dengan perlintasan rel kereta api dibandingkan kelas 1 s/d 4. Selain itu memiliki elevasi lantai yang lebih rendah dibandingkan kelas 1 s/d 4 sehingga suara bising yang berasal dari lapangan sekolah lebih tinggi intensitas suara yang masuk kedalam ruang kelas. Ketika kondisi kegiatan pembelajaran berlangsung tidak hanya kebisingan yang berasal dari luar yaitu ketika kereta api melintas maupun dari permukaan warga. Melainkan adanya

bising yang berasal dari dalam ruang yaitu suara siswa ketika bercengkrama dan suara dari koridor kelas dan lapangan sekolah.



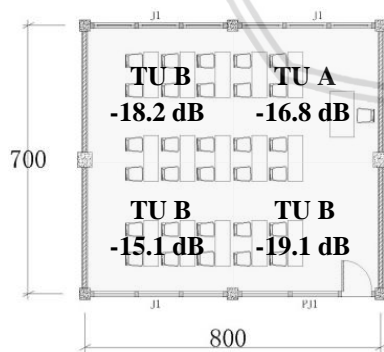
Gambar 4.33 Kondisi ruang kelas ketika dalam keadaan kegiatan pembelajaran

4.3. *Signal to Noise Ratio* (Rasio S/N)

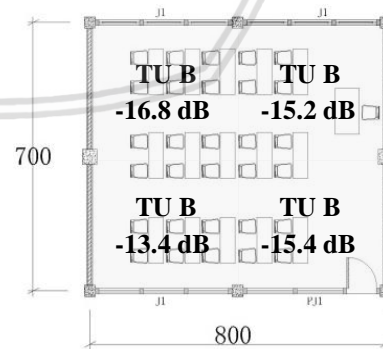
Untuk mengetahui parameter kejelasan dalam bercakap menggunakan rumus yang berada di tinjauan pustaka yaitu selisih antara sumber sinyal (tingkat kekerasan suara pengajar) dengan tingkat kebisingan yang terjadi (ketika kereta api melintas dan bising interior). Intensitas bunyi untuk percakapan normal adalah 70 dB. Maka diansumsikan sumber sinyal sebesar 70 dB.

4.3.1 *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 1

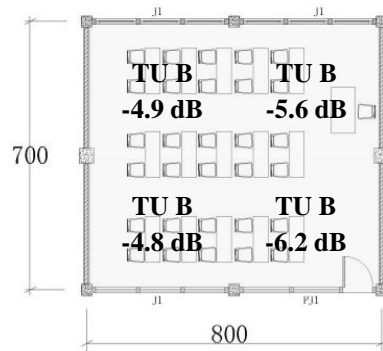
Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 1 maka didapatkan hasil SNR sebagai berikut :



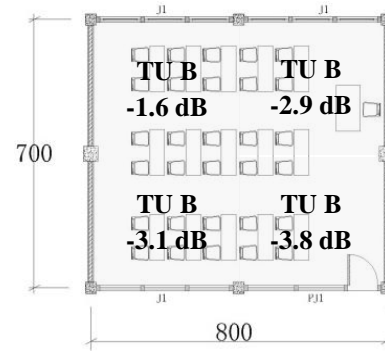
1. Kereta api melintas (pintu dibuka)



2. Kereta api melintas (pintu ditutup)



3. Kereta api tidak melintas
(pintu dibuka)



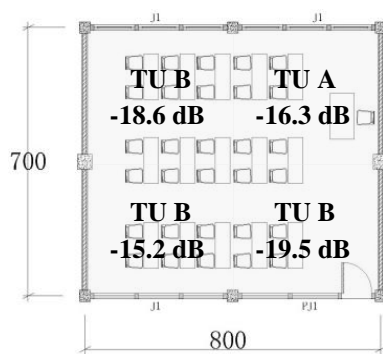
4. Kereta api tidak melintas
(pintu ditutup)

Gambar 4.34 Pemetaan hasil parameter *signal noise to ratio* pada ruang kelas 1

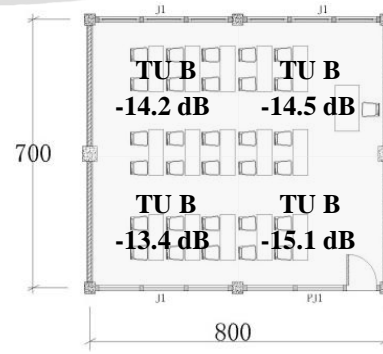
Berdasarkan hasil penghitungan *signal noise to ratio* pada ruang kelas 1 pada saat kondisi kereta api sedang melintas maupun tidak melintas belum memenuhi standard *speech intelligibility* yaitu tidak boleh kurang dari + 15 dB. Pada saat kereta api sedang melintas hasil penghitungan lebih kecil dibandingkan pada saat kereta api tidak melintas. Hal ini menunjukkan bahwa suara kereta api memiliki dampak terhadap turunnya *speech intelligibility* pada ruang kelas. Sehingga pengajar berhenti sejenak ketika kereta api sedang melintas. Ketika kereta api tidak melintas pada saat pintu dibuka, kelas menjadi terasa bising bersumber dari kegiatan murid – murid yang berada di lapangan sekolah atau murid berbicara di daerah koridor. Akan tetapi, ketika pintu di tutup nilai SNR berkurang sehingga suara pengajar dapat terdengar sedikit lebih jelas dibandingkan ketika pintu dalam kondisi dibuka.

4.3.2 *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 2

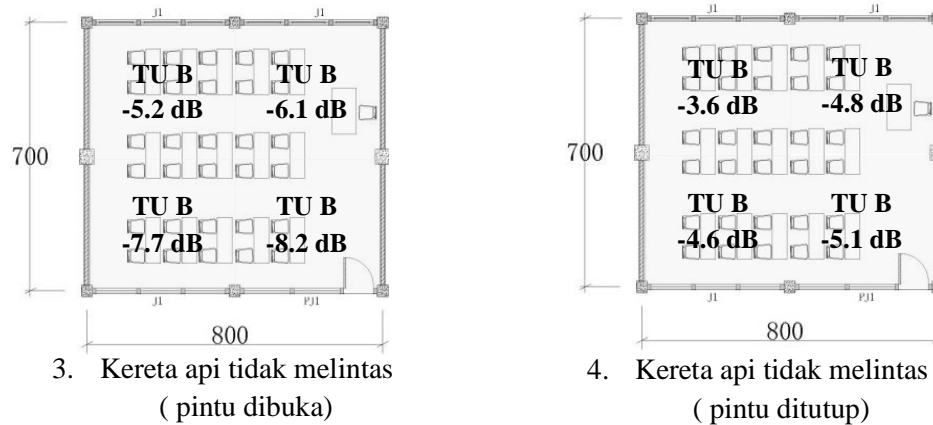
Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 2 maka didapatkan hasil SNR sebagai berikut :



1. Kereta api melintas (pintu dibuka)



2. Kereta api melintas (pintu ditutup)

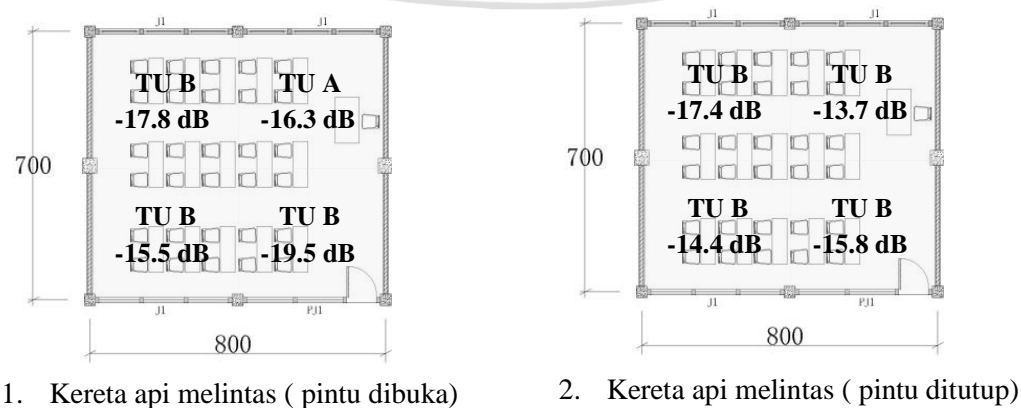


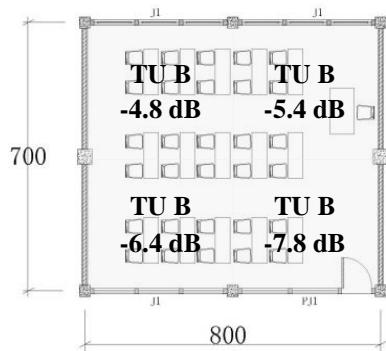
Gambar 4.35 Pemetaan hasil parameter *signal noise to ratio* pada ruang kelas 2

Berdasarkan hasil penghitungan *signal noise to ratio* pada ruang kelas 2 pada saat kondisi kereta api sedang melintas maupun tidak melintas belum memenuhi standard *speech intelligibility* yaitu tidak boleh kurang dari + 15 dB. Pada saat kereta api sedang melintas hasil penghitungan lebih kecil dibandingkan pada saat kereta api tidak melintas. Hal ini menunjukkan bahwa suara kereta api memiliki dampak terhadap turunnya *speech intelligibility* pada ruang kelas. Sehingga pengajar berhenti sejenak ketika kereta api sedang melintas. Ketika kereta api tidak melintas pada saat pintu dibuka, kelas menjadi terasa bising bersumber dari kegiatan murid – murid yang berada di lapangan sekolah atau murid berbicara di daerah koridor. Akan tetapi, ketika pintu di tutup nilai SNR berkurang sehingga suara pengajar dapat terdengar sedikit lebih jelas dibandingkan ketika pintu dalam kondisi dibuka.

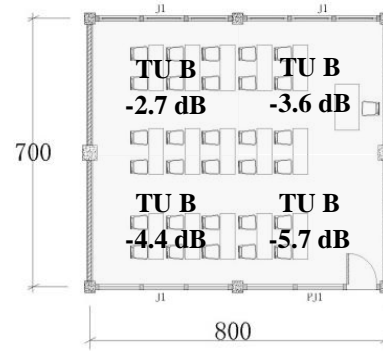
4.3.3 *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 3

Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 3 maka didapatkan hasil SNR sebagai berikut :





3. Kereta api tidak melintas
(pintu dibuka)



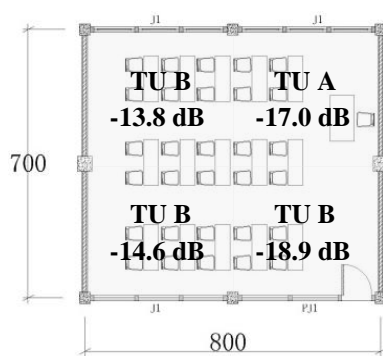
4. Kereta api tidak melintas
(pintu ditutup)

Gambar 4.36 Pemetaan hasil parameter *signal noise to ratio* pada ruang kelas 3

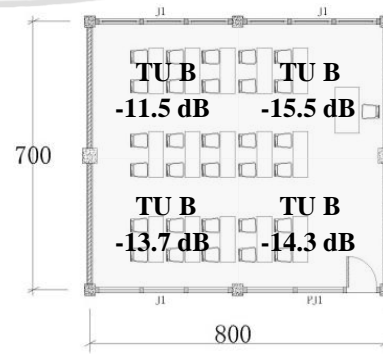
Berdasarkan hasil penghitungan *signal noise to ratio* pada ruang kelas 3 pada saat kondisi kereta api sedang melintas maupun tidak melintas belum memenuhi standard *speech intelligibility* yaitu tidak boleh kurang dari + 15 dB. Pada saat kereta api sedang melintas hasil penghitungan lebih kecil dibandingkan pada saat kereta api tidak melintas. Hal ini menunjukkan bahwa suara kereta api memiliki dampak terhadap turunnya *speech intelligibility* pada ruang kelas. Sehingga pengajar berhenti sejenak ketika kereta api sedang melintas. Ketika kereta api tidak melintas pada saat pintu dibuka, kelas menjadi terasa bising bersumber dari kegiatan murid – murid yang berada di lapangan sekolah atau murid berbicara di daerah koridor. Akan tetapi, ketika pintu di tutup nilai SNR berkurang sehingga suara pengajar dapat terdengar sedikit lebih jelas dibandingkan ketika pintu dalam kondisi dibuka.

4.3.4 *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 4

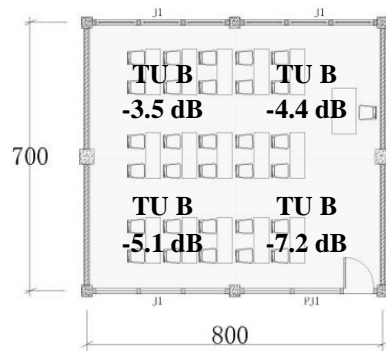
Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 4 maka didapatkan hasil SNR sebagai berikut :



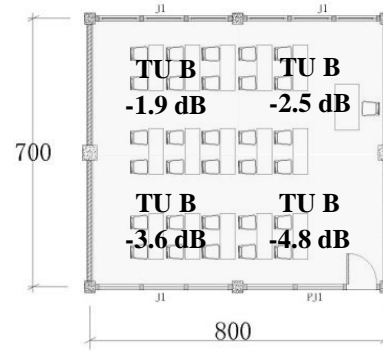
1. Kereta api melintas (pintu dibuka)



2. Kereta api melintas (pintu ditutup)



3. Kereta api tidak melintas
(pintu dibuka)



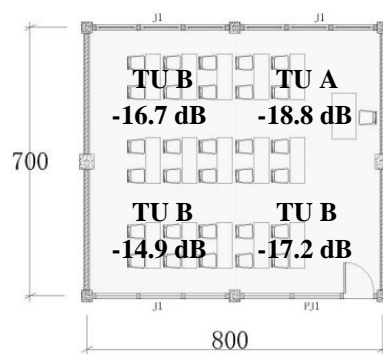
4. Kereta api tidak melintas
(pintu ditutup)

Gambar 4.37 Pemetaan hasil parameter *signal noise to ratio* pada ruang kelas 4

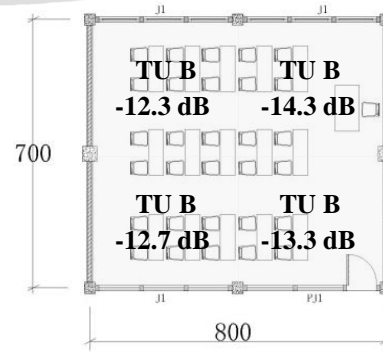
Berdasarkan hasil penghitungan *signal noise to ratio* pada ruang kelas 4 pada saat kondisi kereta api sedang melintas maupun tidak melintas belum memenuhi standard *speech intelligibility* yaitu tidak boleh kurang dari + 15 dB. Pada saat kereta api sedang melintas hasil penghitungan lebih kecil dibandingkan pada saat kereta api tidak melintas. Hal ini menunjukkan bahwa suara kereta api memiliki dampak terhadap turunnya *speech intelligibility* pada ruang kelas. Sehingga pengajar berhenti sejenak ketika kereta api sedang melintas. Ketika kereta api tidak melintas pada saat pintu dibuka, kelas menjadi terasa bising bersumber dari kegiatan murid – murid yang berada di lapangan sekolah atau murid berbicara di daerah koridor. Akan tetapi, ketika pintu di tutup nilai SNR berkurang sehingga suara pengajar dapat terdengar sedikit lebih jelas dibandingkan ketika pintu dalam kondisi dibuka.

4.3.5 *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 5

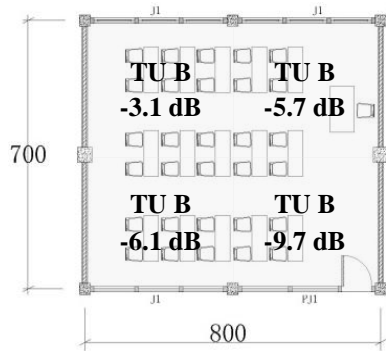
Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 5 maka didapatkan hasil SNR sebagai berikut :



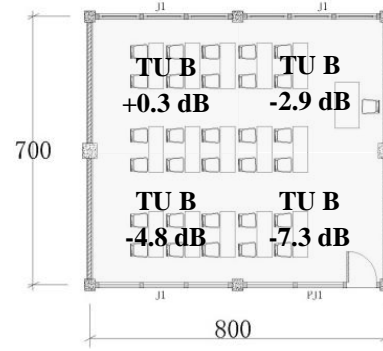
2. Kereta api melintas (pintu dibuka)



3. Kereta api melintas (pintu ditutup)



4. Kereta api tidak melintas
(pintu dibuka)



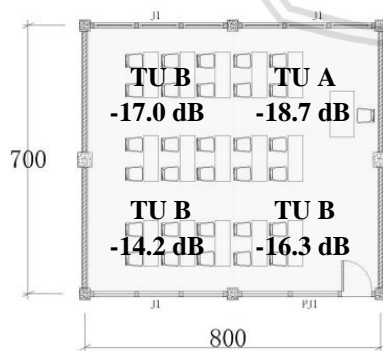
5. Kereta api tidak melintas
(pintu ditutup)

Gambar 4.38 Pemetaan hasil parameter *signal noise to ratio* pada ruang kelas 5

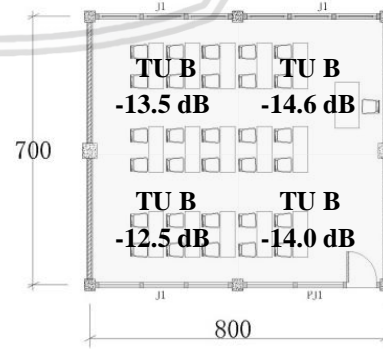
Berdasarkan hasil penghitungan *signal noise to ratio* pada ruang kelas 5 pada saat kondisi kereta api sedang melintas maupun tidak melintas belum memenuhi standard *speech intelligibility* yaitu tidak boleh kurang dari + 15 dB. Pada saat kereta api sedang melintas hasil penghitungan lebih kecil dibandingkan pada saat kereta api tidak melintas. Hal ini menunjukkan bahwa suara kereta api memiliki dampak terhadap turunnya *speech intelligibility* pada ruang kelas. Sehingga pengajar berhenti sejenak ketika kereta api sedang melintas. Ketika kereta api tidak melintas pada saat pintu dibuka, kelas menjadi terasa bising bersumber dari kegiatan murid – murid yang berada di lapangan sekolah atau murid berbicara di daerah koridor. Akan tetapi, ketika pintu di tutup nilai SNR berkurang sehingga suara pengajar dapat terdengar sedikit lebih jelas dibandingkan ketika pintu dalam kondisi dibuka.

4.3.6 *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 6

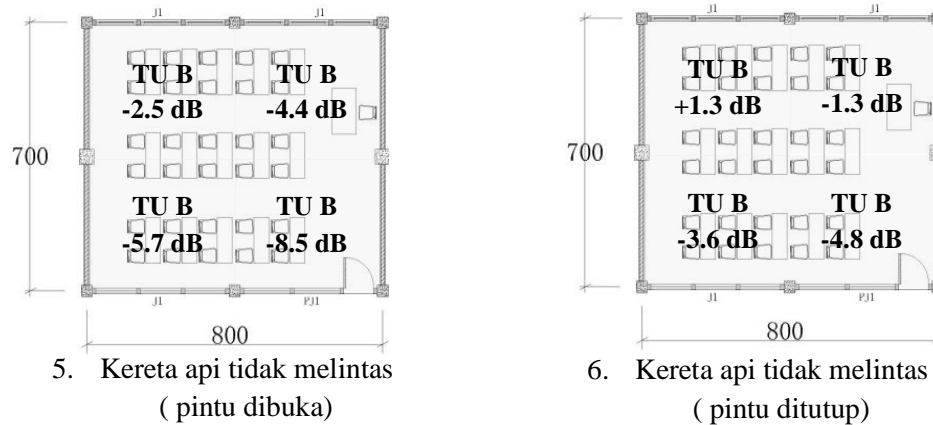
Dari hasil pengukuran pada ruang kelas 6 maka didapatkan hasil SNR sebagai berikut :



3. Kereta api melintas (pintu dibuka)



4. Kereta api melintas (pintu ditutup)



Gambar 4.39 Pemetaan hasil parameter *signal noise to ratio* pada ruang kelas 6

Berdasarkan hasil penghitungan *signal noise to ratio* pada ruang kelas 6 pada saat kondisi kereta api sedang melintas maupun tidak melintas belum memenuhi standard *speech intelligibility* yaitu tidak boleh kurang dari + 15 dB. Pada saat kereta api sedang melintas hasil penghitungan lebih kecil dibandingkan pada saat kereta api tidak melintas. Hal ini menunjukkan bahwa suara kereta api memiliki dampak terhadap turunnya *speech intelligibility* pada ruang kelas. Sehingga pengajar berhenti sejenak ketika kereta api sedang melintas. Ketika kereta api tidak melintas pada saat pintu dibuka, kelas menjadi terasa bising bersumber dari kegiatan murid – murid yang berada di lapangan sekolah atau murid berbicara di daerah koridor. Akan tetapi, ketika pintu di tutup nilai SNR berkurang sehingga suara pengajar dapat terdengar sedikit lebih jelas dibandingkan ketika pintu dalam kondisi dibuka.

Berdasarkan hasil analisis mengenai nilai SNR sebagai parameter kejelasan dalam bercakap pada ruang kelas 1 s/d 6 dapat disimpulkan tidak memenuhi standard *speech intelligibility* yaitu minimum +15 dB. Tentu hal ini berdampak pada penyampaian materi yang kurang maksimal karena sumber sinyal (suara pengajar) lebih rendah dibandingkan sumber bising yang berasal dari luar yaitu suara kereta api ketika melintas, suara murid yang sedang berbincang di koridor, serta suara murid yang melakukan kegiatan di lapangan sekolah. Akan tetapi, ketika pintu dan jendela dalam keadaan tertutup suara yang berasal dari luar dapat tereduksi. Tingkat bising yang masuk ke dalam ruang kelas semakin rendah maka semakin besar nilai SNR, begitupun sebaliknya. Sehingga apabila nilai SNR maka sumber sinyal akan semakin jelas dalam menyampaikan materi.



Gambar 4.40 Suasana kegiatan belajar mengajar pada ruang kelas

4.4. Reverberation Time (Waktu Dengung)

Salah satu parameter yang dibutuhkan dalam desain akustik selain tingkat kebisingan dan kejelasan dalam bercakap pada ruang kelas adalah menggunakan rumus waktu dengung. Untuk mengetahui estimasi waktu dengung dimulai dengan mengetahui jenis material eksisting yang digunakan serta koefisien penyerapan. Lalu dihitung menggunakan rumus teori Sabine pada frekuensi 500 – 1000 Hz yang telah dibahas pada bab Tinjauan Pustaka dengan persamaan :

$$R = \frac{0.16 V}{A} \dots\dots\dots(4-2)$$

dengan :

R = Waktu dengung

V = Volume ruang (m³)

A = Penyerapan ruang total (sabin)

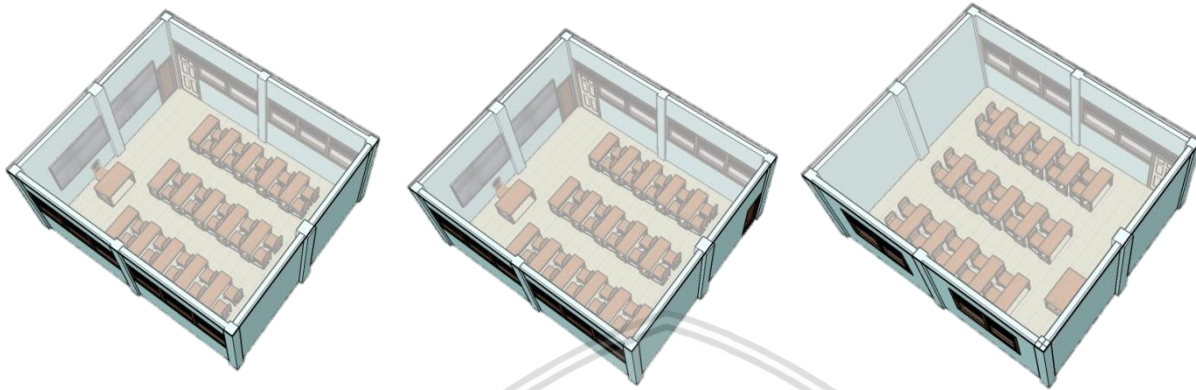
Sedangkan pada frekuensi diatas 2000 Hz, teori Sabine menggunakan rumus dengan persamaan :

$$R = \frac{0.16V}{A+XV} \dots\dots\dots(4-3)$$

dengan :

X = Koefisien Udara 0.007

Perhitungan waktu dengung dibagi menjadi 3 zonasi yang dibedakan berdasarkan luasan material yang digunakan pada ruang yaitu ruang kelas 1 dengan 4, ruang kelas 2 dengan 3, serta ruang kelas 5 dengan 6.



Gambar 4.41 (a) Orthografi kelas 1 & 4 (b) Orthografi kelas 2 & 3 (c) Orthografi kelas 5 & 6

4.4.1 Reverberation time ruang kelas 1 dan 4

Penghitungan *reverberation time* dibagi menjadi 2 kondisi yaitu ketika kelas dalam keadaan kosong dengan kelas dalam keadaan terisi. Hal ini untuk membandingkan waktu dengung terhadap standard waktu dengung pada ruang kelas yaitu 0.6 – 0.8s. Sesuai dengan tinjauan pustaka ruang yang membutuhkan *speech* hanya fokus pada frekuensi 500, 1000, dan 2000 Hz.

Tabel 4.7

Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4

| Jenis Material | Luas (m ²) | Koefisien penyerapan material (α) | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------|---------|
| | | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 56.46 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 95.17 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Plafond gypsum | 56.46 | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Kusen kayu | 9.07 | 0.10 | 0.07 | 0.06 |
| Papan tulis | 7.68 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 8.67 | 0.18 | 0.12 | 0.07 |
| Pintu kayu | 1.86 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| Kursi kayu | 84.6 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Kursi guru kayu | 1.12 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja kayu | 61.2 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja guru kayu | 3.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Manusia (ruang kelas 1) | 19 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |
| Manusia (ruang kelas 4) | 28 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |

A. Ruang kelas kondisi kosong

Penghitungan waktu dengung (*reverberation time*) ini dilakukan pada saat kondisi tidak adanya kegiatan pembelajaran atau tidak ada penghuni pada ruangan tersebut.

Tabel 4.8

Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 0.56 | 0.56 | 0.13 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 1.90 | 1.90 | 1.90 |
| Plafond gypsum | 2.82 | 2.26 | 3.95 |
| Kusen kayu | 0.91 | 0/63 | 0.54 |
| Papan tulis | 0.08 | 0.08 | 0.15 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 1.56 | 1.04 | 0.61 |
| Pintu kayu | 0.17 | 0.13 | 0.11 |
| Kursi kayu | 8.46 | 5.92 | 5.08 |
| Kursi guru kayu | 0.11 | 0.08 | 0.07 |
| Meja kayu | 6.12 | 4.28 | 3.67 |
| Meja guru kayu | 0.33 | 0.23 | 0.20 |
| Total | 23.02 | 17.12 | 20.83 |

Tabel 4.9

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 1 dan 4 dalam keadaan kosong

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{23.02}$ $= 1.58 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{17.12}$ $= 2.12 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{20.83 + (0.007 \times 225.84)}$ $= 2.09 \text{ detik}$ |

B. Ruang kelas kondisi terisi

Penghitungan waktu dengung (*reverberation time*) ini dilakukan pada saat kondisi adanya kegiatan pembelajaran atau ada penghuni pada ruangan tersebut. Jumlah penghuni pada ruang kelas 1 sebanyak 19 orang dan jumlah penghuni pada ruang kelas 4 sebanyak 28 orang.

Tabel 4.10

Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 1 kondisi terisi penghuni

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Total penyerapan material ruang kelas 1 | 23.02 | 17.12 | 20.83 |
| Manusia (19 orang) | 8.36 | 8.55 | 8.55 |
| Total | 38.72 | 33.58 | 32.17 |

Tabel 4.11

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 1 kondisi terisi penghuni

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{38.72}$ $= 0.94 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{33.58}$ $= 1.08 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{32.17 + (0.007 \times 225.84)}$ $= 1.13 \text{ detik}$ |

Tabel 4.12

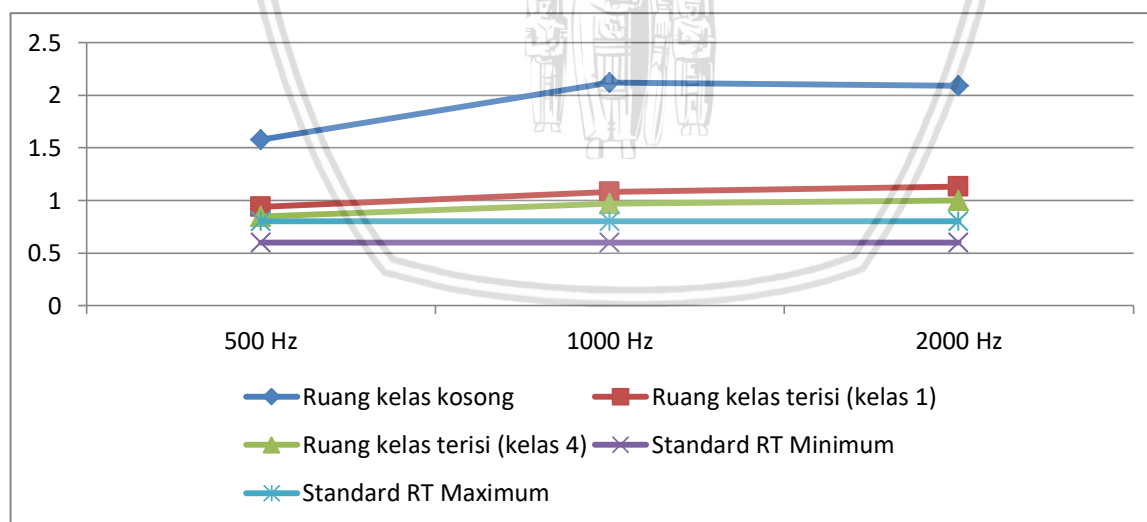
Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 4 kondisi terisi penghuni

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Total penyerapan material ruang kelas 4 | 23.02 | 17.12 | 20.83 |
| Manusia (24 orang) | 12.32 | 12.6 | 12.6 |
| Total | 42.68 | 37.63 | 36.22 |

Tabel 4.13

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 4 kondisi terisi penghuni

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{42.68}$ $= 0.85 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{37.63}$ $= 0.97 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{36.22 + (0.007 \times 225.84)}$ $= 1.00 \text{ detik}$ |



Gambar 4.42 Grafik waktu dengung pada ruang kelas 1 dan 4

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan pada saat ruangan dalam kondisi kosong belum memenuhi standar waktu dengung yaitu maksimum 0.8 detik. Sedangkan pada saat ruang kelas terisi grafik tersebut menurun, hal ini menunjukkan bahwa manusia berpengaruh terhadap waktu dengung pada suatu ruangan. Pada grafik kelas 1 dan 4 dalam kondisi terisi

masih belum memenuhi standard. Hanya pada ruang kelas 4 pada frekuensi 500 Hz masih dapat ditolerir yaitu 0.85 s.

4.4.2 Reverberation time ruang kelas 2 dan 3

Penghitungan *reverberation time* dibagi menjadi 2 kondisi yaitu ketika kelas dalam keadaan kosong dengan kelas dalam keadaan terisi. Hal ini untuk membandingkan waktu dengung terhadap standard waktu dengung pada ruang kelas yaitu 0.6 – 0.8s. Sesuai dengan tinjauan pustaka ruang yang membutuhkan *speech* hanya fokus pada frekuensi 500, 1000, dan 2000 Hz.

Tabel 4.14

Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4

| Jenis Material | Luas (m ²) | Koefisien penyerapan material (α) | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------|---------|
| | | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 56.46 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 93.32 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Plafond gypsum | 56.46 | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Kusen kayu | 9.38 | 0.10 | 0.07 | 0.06 |
| Papan tulis | 7.68 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 8.67 | 0.18 | 0.12 | 0.07 |
| Pintu kayu | 3.40 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| Kursi kayu | 90.24 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Kursi guru kayu | 1.12 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja kayu | 65.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja guru kayu | 3.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Manusia (ruang kelas 1) | 34 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |
| Manusia (ruang kelas 4) | 32 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |

A. Ruang kelas kondisi kosong

Penghitungan waktu dengung (*reverberation time*) ini dilakukan pada saat kondisi tidak adanya kegiatan pembelajaran atau tidak ada penghuni pada ruangan tersebut.

Tabel 4.15

Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 2 dan 3

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------|---------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 0.56 | 0.56 | 0.13 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 1.87 | 1.87 | 1.87 |
| Plafond gypsum | 2.82 | 2.26 | 3.95 |
| Kusen kayu | 0.94 | 0.66 | 0.56 |

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Papan tulis | 0.08 | 0.08 | 0.15 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 1.56 | 1.04 | 0.61 |
| Pintu kayu | 0.31 | 0.24 | 0.20 |
| Kursi kayu | 9.02 | 6.32 | 5.41 |
| Kursi guru kayu | 0.11 | 0.08 | 0.07 |
| Meja kayu | 6.53 | 4.57 | 3.92 |
| Meja guru kayu | 0.33 | 0.23 | 0.20 |
| Total | 31.47 | 25.80 | 24.28 |

Tabel 4.16

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 2 dan 3 dalam keadaan kosong

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{31.47}$ = 1.16 detik | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{25.80}$ = 1.41 detik | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{24.28 + (0.007 \times 225.84)}$ = 1.50 detik |

B. Ruang kelas kondisi terisi

Penghitungan waktu dengung (*reverberation time*) ini dilakukan dpada saat kondisi adanya kegiatan pembelajaran atau ada penghuni pada ruangan tersebut. Jumlah penghuni pada ruang kelas 2 sebanyak 34 orang dan jumlah penghuni pada ruang kelas 3 sebanyak 32 orang.

Tabel 4.17

Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 2 kondisi terisi penghuni

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Total penyerapan material ruang kelas 2 | 31.47 | 25.80 | 24.28 |
| Manusia (34 orang) | 14.96 | 15.30 | 15.30 |
| Total | 46.43 | 41.10 | 39.58 |

Tabel 4.18

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 2 kondisi terisi penghuni

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{46.63}$ = 0.78 detik | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{41.10}$ = 0.88 detik | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{39.58 + (0.007 \times 225.84)}$ = 0.92 detik |

Tabel 4.19

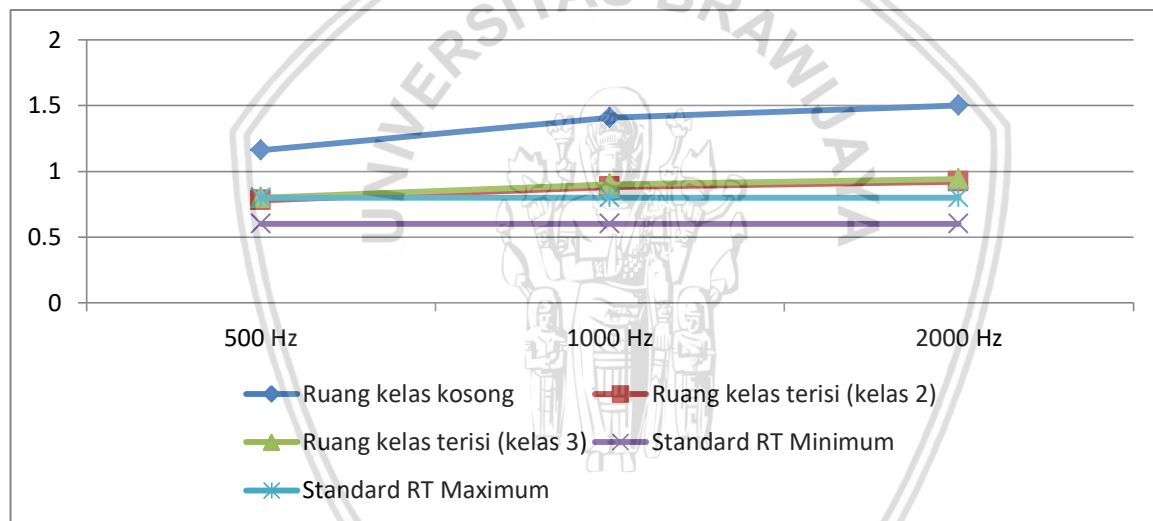
Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 3 kondisi terisi penghuni

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Total penyerapan material ruang kelas 3 | 31.47 | 25.80 | 24.28 |
| Manusia (32 orang) | 14.08 | 14.40 | 14.40 |
| Total | 45.55 | 40.20 | 38.68 |

Tabel 4.20

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 3 kondisi terisi penghuni

| Waktu dengung | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{42.68}$ $= \mathbf{0.80 \text{ detik}}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{37.63}$ $= \mathbf{0.90 \text{ detik}}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{36.22 + (0.007 \times 225.84)}$ $= \mathbf{0.94 \text{ detik}}$ |



Gambar 4.43 Grafik waktu dengung pada ruang kelas 2 dan 3

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan pada saat ruangan dalam kondisi kosong belum memenuhi standar waktu dengung yaitu maksimum 0.8 detik. Sedangkan pada saat ruang kelas terisi grafik tersebut menurun, hal ini menunjukkan bahwa manusia berpengaruh terhadap waktu dengung pada suatu ruangan. Pada grafik kelas 2 hanya difrekuensi 500 Hz sudah memenuhi standar, sedangkan difrekuensi 1000 Hz masih dapat ditolerir karena $\leq 0.90s$. Sama halnya pada ruang kelas 3 hanya difrekuensi 500 Hz sudah memenuhi standar, sedangkan difrekuensi 1000 Hz masih dapat ditolerir karena $\leq 0.90s$.

4.4.3 Reverberation time ruang kelas 5 dan 6

Penghitungan *reverberation time* dibagi menjadi 2 kondisi yaitu ketika kelas dalam keadaan kosong dengan kelas dalam keadaan terisi. Hal ini untuk membandingkan waktu dengung terhadap standard waktu dengung pada ruang kelas yaitu 0.6 – 0.8s. Sesuai dengan tinjauan pustaka ruang yang mebutuhkan *speech* hanya fokus pada frekuensi 500, 1000, dan 2000 Hz.

Tabel 4.21

Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6

| Jenis Material | Luas (m ²) | Koefisien penyerapan material (α) | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------|---------|
| | | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 64.46 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 100.63 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Plafond gypsum | 64.46 | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Kusen kayu | 7.89 | 0.10 | 0.07 | 0.06 |
| Papan tulis | 7.68 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 7.61 | 0.18 | 0.12 | 0.07 |
| Pintu kayu | 1.86 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| Kursi kayu | 84.60 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Kursi guru kayu | 1.12 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja kayu | 61.20 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja guru kayu | 3.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Manusia (ruang kelas 1) | 31 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |
| Manusia (ruang kelas 4) | 30 | 0.44 | 0.45 | 0.45 |

A. Ruang kelas kondisi kosong

Penghitungan waktu dengung (*reverberation time*) ini dilakukan pada saat kondisi tidak adanya kegiatan pembelajaran atau tidak ada penghuni pada ruangan tersebut.

Tabel 4.22

Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------|---------|---------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 0.64 | 0.64 | 0.64 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 2.17 | 2.17 | 2.17 |
| Plafond gypsum | 3.23 | 2.57 | 4.51 |
| Kusen kayu | 0.79 | 0.55 | 0.47 |
| Papan tulis | 0.08 | 0.08 | 0.15 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 1.37 | 0.91 | 0.53 |
| Pintu kayu | 0.17 | 0.13 | 0.11 |

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Kursi kayu | 8.46 | 5.92 | 5.08 |
| Kursi guru kayu | 0.11 | 0.08 | 0.07 |
| Meja kayu | 6.12 | 4.28 | 3.67 |
| Meja guru kayu | 0.33 | 0.23 | 0.20 |
| Total | 23.39 | 17.59 | 15.68 |

Tabel 4.23

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 5 dan 6 dalam keadaan kosong

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 257.84}{23.39}$ $= 1.55 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{17.59}$ $= 2.07 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{15.68 + (0.007 \times 257.84)}$ $= 2.32 \text{ detik}$ |

B. Ruang kelas kondisi terisi

Penghitungan waktu dengung (*reverberation time*) ini dilakukan dpada saat kondisi adanya kegiatan pembelajaran atau ada penghuni pada ruangan tersebut. Jumlah penghuni pada ruang kelas 5 sebanyak 31 orang dan jumlah penghuni pada ruang kelas 6 sebanyak 30 orang.

Tabel 4.24

Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 5 kondisi terisi penghuni

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Total penyerapan material ruang kelas 5 | 23.39 | 17.59 | 15.68 |
| Manusia (31 orang) | 14.96 | 15.30 | 15.30 |
| Total | 37.03 | 31.54 | 29.63 |

Tabel 4.25

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 5 kondisi terisi penghuni

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 257.84}{37.03}$ $= 0.98 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{31.54}$ $= 1.15 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{29.63 + (0.007 \times 225.84)}$ $= 1.23 \text{ detik}$ |

Tabel 4.26

Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi di ruang kelas 6 kondisi terisi penghuni

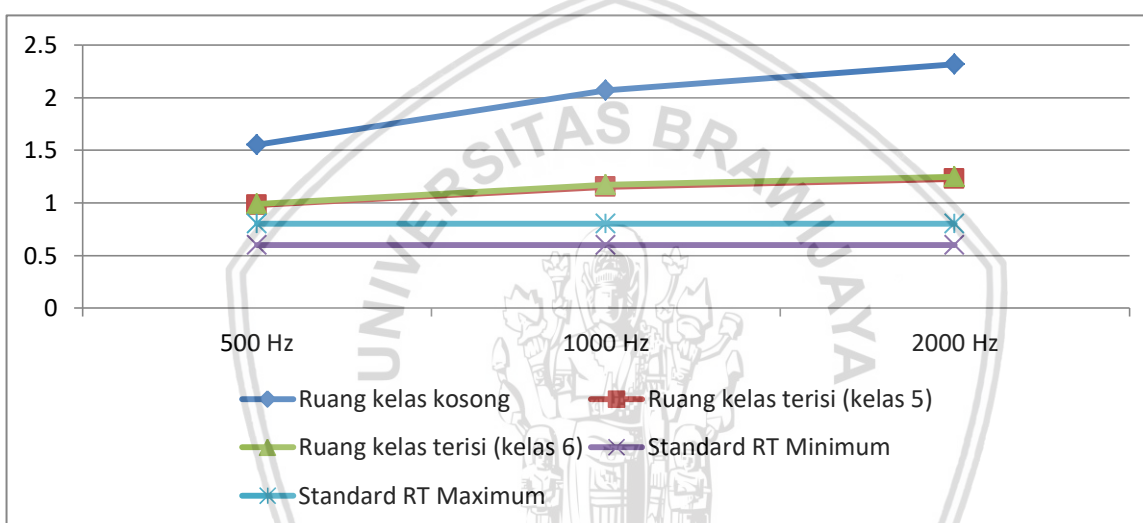
| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|---------|---------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Total penyerapan material ruang kelas 3 | 23.39 | 17.59 | 15.68 |

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|----------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Manusia (32 orang) | 13.20 | 13.50 | 13.50 |
| Total | 36.59 | 31.09 | 29.18 |

Tabel 4.27

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 6 kondisi terisi penghuni

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 257.84}{36.59}$ = 0.99 detik | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{31.09}$ = 1.17 detik | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{29.18}$ = 1.25 detik |



Gambar 4.44 Grafik waktu dengung pada ruang kelas 5 dan 6

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan pada saat ruangan dalam kondisi kosong belum memenuhi standar waktu dengung yaitu maksimum 0.8 detik. Sedangkan pada saat ruang kelas terisi grafik tersebut menurun, hal ini menunjukkan bahwa manusia berpengaruh terhadap waktu dengung pada suatu ruangan. Pada grafik kelas 5 dan 6 dalam kondisi kelas terisi masih belum memenuhi standar.

Berdasarkan hasil analisis penghitungan waktu dengung pada ruang kelas 1 dan 4, kelas 2 dan 3, serta kelas 5 dan 6 dapat disimpulkan pada saat kondisi kelas dalam keadaan kosong tidak emenuhi standar *reverberation time* yaitu 0.6 – 0.8 detik. Ruang yang memiliki waktu dengung paling tinggi adalah ruangan kelas 5 dan 6, sedangkan ruangan paling rendah waktu dengungnya adalah ruangan kelas 2 dan 3. Hal ini menunjukkan bahwa luasan material dengan koefisien serap yang tinggi berpengaruh terhadap waktu dengung. Semakin besar

koefisien serap pada luasan material maka semakin rendah waktu dengungnya, begitupun sebaliknya semakin kecil koefisien serapnya maka semakin tinggi waktu dengungnya.

Sedangkan pada saat kelas terisi waktu dengung pada ruangan tersebut mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa manusia berpengaruh pada penghitungan waktu dengung. Semakin banyaknya manusia yang menempati suatu ruangan maka waktu dengung semakin rendah seperti halnya pada ruangan kelas 2 yang memiliki waktu dengung lebih rendah dibandingkan ruang kelas yang lain. Begitupun sebaliknya pada ruang kelas 1 memiliki waktu dengung yang tinggi dikarenakan pada ruangan kelas ini memiliki penghuni yang lebih sedikit dibandingkan ruangan kelas yang lain.



Gambar 4.45 (a) ruang kelas kondisi terisi (b) ruang kelas kondisi kosong

4.5. Kuesioner Guru dan Siswa

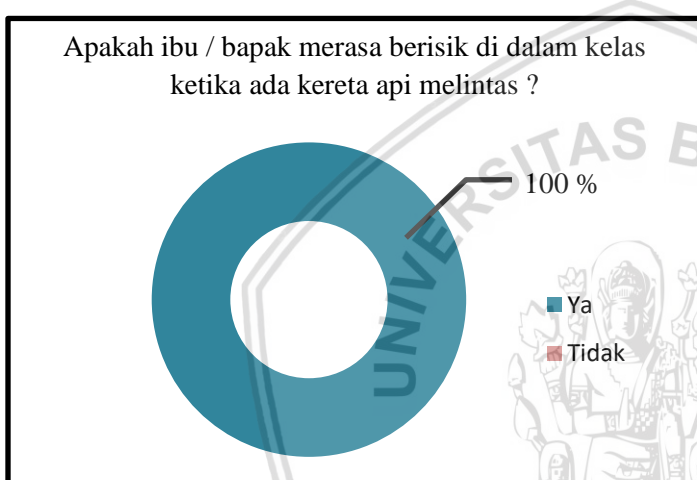
Hasil kuesioner digunakan untuk mempertegas hasil analisis terkait desain akustik pada ruang kelas yang meliputi tingkat kebisingan, waktu dengung, dan *speech intelligibility*. Sehingga skala yang digunakan menggunakan skala guttman yaitu hanya terdapat 2 jawaban yaitu ya dan tidak. Selain mempertegas hasil analisis, kuesioner ini digunakan untuk mempertegas rekomendasi yang dibutuhkan untuk mereduksi kebisingan.

4.5.1 Hasil kuesioner guru

Kuesioner ini dibagikan kepada 6 orang guru selaku wali kelas dari keseluruhan jumlah guru yang berjumlah 12 orang. Pemilihan sampel ini dikarenakan wali kelas memiliki intensitas waktu yang lebih banyak dalam mengajar di dalam ruang kelas.

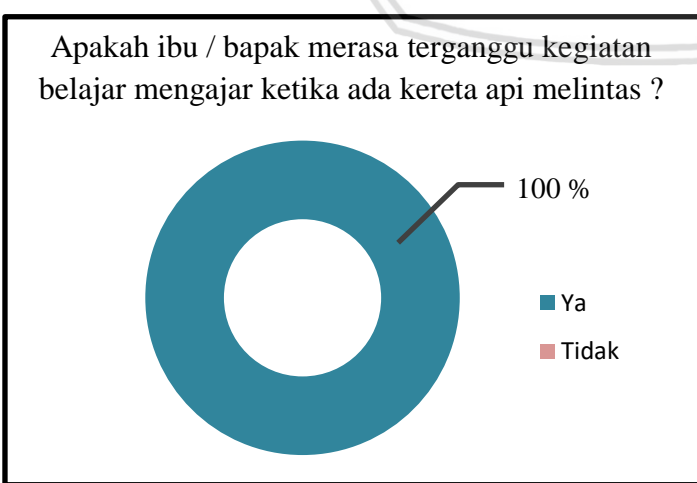
Tabel 4.28
Hasil kuesioner guru SD Negeri 02 Jatiguwi

| Pertanyaan | Ya | Tidak |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|
| Apakah ibu / bapak merasa berisik di dalam kelas ketika ada kereta api melintas ? | 6 | - |
| Apakah ibu / bapak merasa terganggu kegiatan belajar mengajar ketika ada kereta api melintas ? | 6 | - |
| Apakah ibu / bapak dapat berbicara dengan suara yang jelas hingga terdengar oleh siswa ketika kereta api melintas ? | 2 | 4 |



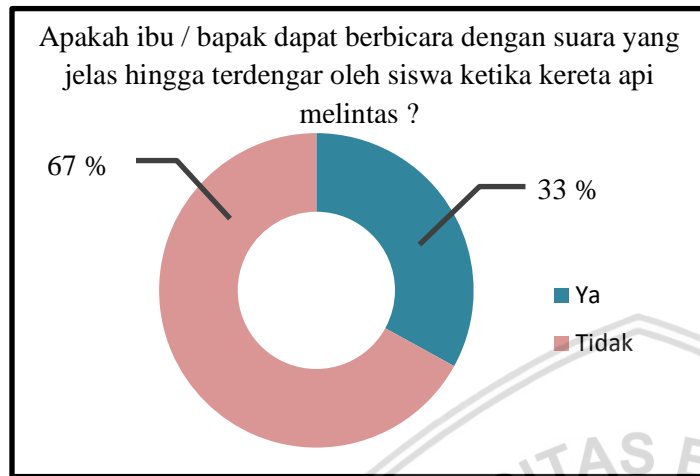
Gambar 4.46 Diagram hasil kuesioner guru pada pertanyaan pertama

Dari 6 orang guru, 6 orang (100 %) menjawab pada area di dalam kelas merasa berisik ketika kereta api melintas. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran yang menunjukkan bahwa ketika kereta api melintas diatas nilai ambang batas kebisingan yaitu lebih dari 80 dB.



Gambar 4.47 Diagram hasil kuesioner guru pada pertanyaan kedua

Lalu 6 orang (100 %) menjawab kegiatan belajar mengajar menjadi terganggu. Hal ini menunjukkan bahwa pada ruang kelas ini membutuhkan rekomendasi panel akustik untuk mengurangi kebisingan ketika kereta api melintas.



Gambar 4.48 Diagram hasil kuesioner guru pada pertanyaan ketiga

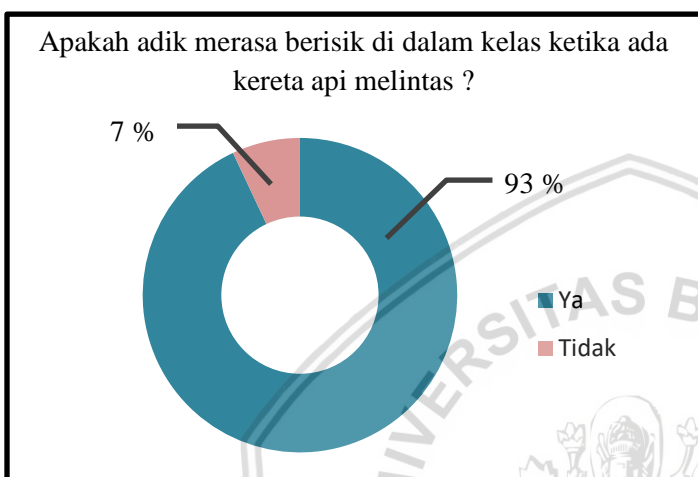
Sebanyak 2 orang (33%) mengatakan bahwa dapat berbicara dengan suara yang jelas ketika kereta api melintas, karena apabila kereta api melintas guru menaikkan volume suara agar dapat terdengar oleh siswa. Akan tetapi sebanyak 4 orang (67%) mengatakan bahwa tidak dapat berbicara dengan suara yang jelas ketika kereta api melintas. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran parameter *signal to noise ratio* pada beberapa titik ukur yang kurang dari + 15 dB. Selain itu waktu dengung yang melebihi standard yaitu kisaran 0.6 – 0.8s. Sehingga suara bising yang masuk memiliki waktu yang lama untuk menghilang di dalam ruang, karena material pelingkup pada ruang kelas tidak ada bahan yang bersifat menyerap.

4.5.2 Hasil kuesioner siswa

Kuesioner ini dibagikan kepada 151 orang siswa dari keseluruhan jumlah siswa yang berjumlah 168 orang. Pemilihan sampel ini yaitu siswa yang datang pada saat peneliti memberikan kuesioner. Selain itu siswa yang dipilih tidak mengalami masalah gangguan pendengaran serta mampu membaca dan menulis.

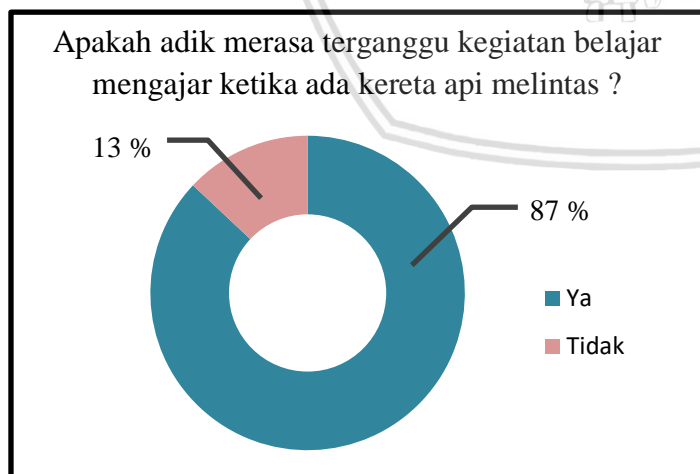
Tabel 4.29
Hasil kuesioner siswa SD Negeri 02 Jatiguwi

| Pertanyaan | Ya | Tidak |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------|
| Apakah adik merasa berisik di dalam kelas ketika ada kereta api melintas ? | 140 | 11 |
| Apakah adik merasa terganggu kegiatan belajar mengajar ketika ada kereta api melintas ? | 132 | 19 |
| Apakah adik merasa suara ibu / bapak guru terdengar jelas ketika kereta api melintas ? | 43 | 108 |



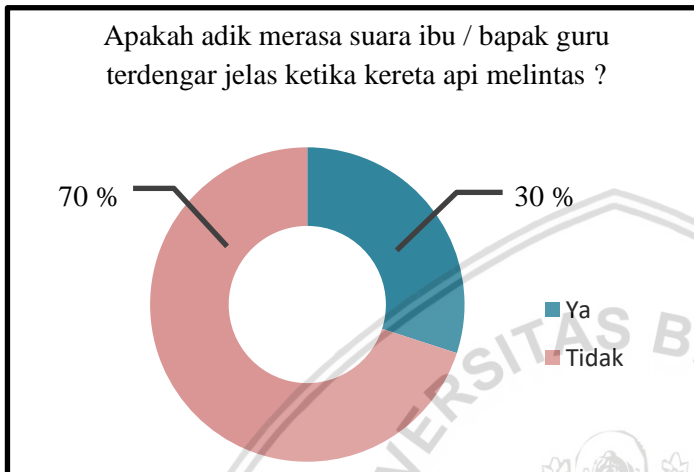
Gambar 4.49 Diagram hasil kuesioner siswa pada pertanyaan pertama

Dari 151 orang siswa, 140 siswa (93 %) menjawab ketika berada di dalam kelas merasa berisik ketika kereta api melintas. Hal ini sudah sesuai dengan tingkat kebisingan yang melebihi ambang batas kebisingan yaitu lebih 80 dB. Sedangkan 11 siswa (7%) menjawab tidak merasa berisik ketika kereta api melintas.



Gambar 4.50 Diagram hasil kuesioner siswa pada pertanyaan kedua

Lalu 132 siswa (87%) menjawab mereka merasa kegiatan belajar mengajar menjadi terganggu. Hal ini menunjukkan bahwa pada ruang kelas membutuhkan rekomendasi panel akustik untuk mengurangi kebisingan, agar siswa memiliki kenyamanan audial dalam kegiatan belajar mengajar. Sedangkan 19 siswa (13%) menjawab tidak merasa terganggu ketika kereta api melintas dikarenakan mereka merasa sudah terbiasa dengan hal tersebut.



Gambar 4.51 Diagram hasil kuesioner siswa pada pertanyaan kedua

Sebanyak 43 siswa (30%) menjawab mereka dapat mendengar dengan jelas suara ibu / bapak guru ketika kereta api sedang melintas. Karena beberapa guru menaikkan volume suara ketika kereta api sedang melintas. Sedangkan 108 siswa (70%) menjawab mereka tidak dapat mendengar suara ibu / bapak guru dengan jelas ketika kereta api sedang melintas. Sehingga ketika kereta api sedang melintas ibu / bapak guru berhenti sejenak dalam menyampaikan materi pelajaran.

4.6. Jenis Material Akustik Pelapis Dinding

Berdasarkan hasil analisis tingkat kebisingan, *signal to noise ratio*, dan waktu dengung pada sekolah ini masih belum memenuhi standard yang diterapkan di lingkungan sekolah. Kebisingan ini mengganggu konsentrasi belajar pada siswa berdasarkan hasil kuesioner yang diberikan kepada guru dan murid. Oleh karena itu, pada ruang kelas tersebut membutuhkan pengendalian kebisingan berupa material askutik pelapis dinding.

Tabel 4.30

Koefisien absorpsi dan pengurangan intensitas suara material pelapis dinding

| No. | Material | Ketebalan | Frekuensi | Koefisien Serap | Intensitas Reduksi Bunyi |
|-------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------------|--------------------------|
| Material Organik (Serat Alam) | | | | | |
| 1. | Pulp Bambu | 1.1 cm | 1000 Hz | 0.08 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.18 | - |
| | | | 4000 Hz | 0.29 | - |
| 2. | Serat Bambu | 1.1 cm | 1000 Hz | 0.21 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.75 | - |
| | | | 4000 Hz | 0.80 | - |
| 3. | Dry Leaf Board | 2.4 cm | 125 Hz | 0.02 | - |
| | | | 250 Hz | 0.51 | - |
| | | | 500 Hz | 0.44 | - |
| | | | 1000 Hz | 0.28 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.27 | - |
| | | | 4000 Hz | 0.07 | - |
| 4. | Serat Pinang | 1.2 cm | 1000 Hz | 0.56 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.57 | - |
| 5. | Sabut Kelapa | 2.2 cm | 125 Hz | 0.18 | - |
| | | | 250 Hz | 0.22 | - |
| | | | 500 Hz | 0.36 | - |
| | | | 1000 Hz | 0.62 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.78 | - |
| | | | 4000 Hz | 0.72 | - |
| 6. | Bulu Domba | 6.0 cm | 250 Hz | 0.21 | - |
| | | | 500 Hz | 0.34 | - |
| | | | 1000 Hz | 0.61 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.82 | - |
| Material Anorganik | | | | | |
| 7. | Rak Telur | 1.5 cm | - | - | 14.22 dB |
| 8. | Kotak Karton Gelombang | 2.0 cm | 125 Hz | 0.15 | - |
| | | | 250 Hz | 0.13 | - |
| | | | 500 Hz | 0.15 | - |
| | | | 1000 Hz | 0.39 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.70 | - |
| | | | 4000 Hz | 0.89 | - |
| | | 4.0 cm | 125 Hz | 0.08 | - |
| | | | 250 Hz | 0.17 | - |
| | | | 500 Hz | 0.22 | - |
| | | | 1000 Hz | 0.52 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.88 | - |
| | | | 4000 Hz | 0.95 | - |

| | | | | | |
|-----|-----------------|--------|---------|------|----------|
| 9. | Denim | 4.0 cm | 125 Hz | - | 11.93 dB |
| | | | 250 Hz | - | 6.01 dB |
| | | | 500 Hz | - | 12.83 dB |
| | | | 1000 Hz | - | 12.13 dB |
| | | | 2000 Hz | - | 9.40 dB |
| 10. | Katun | 4.0 cm | 125 Hz | - | 10.27 dB |
| | | | 250 Hz | - | 7.20 dB |
| | | | 500 Hz | - | 11.30 dB |
| | | | 1000 Hz | - | 15.00 dB |
| | | | 2000 Hz | - | 7.03 dB |
| 11 | Katun + Denim | 4.0 cm | 125 Hz | - | 14.90 dB |
| | | | 250 Hz | - | 8.07 dB |
| | | | 500 Hz | - | 10.20 dB |
| | | | 1000 Hz | - | 25.20 dB |
| | | | 2000 Hz | - | 15.53 dB |
| 12. | Karet ban bekas | 3.0 cm | 250 Hz | 0.20 | - |
| | | | 500 Hz | 0.81 | - |
| | | | 1000 Hz | 0.48 | - |
| | | | 2000 Hz | 0.55 | - |

Berdasarkan tinjauan pustaka jenis material akustik yang didapatkan dari jurnal yang bersertifikasi nasional yaitu sabut kelapa sebagai material organik dan kotak karton gelombang (KKG) sebagai material anorganik. Pemilihan material ini dikarenakan memiliki koefisien serap yang tinggi, mudah didapatkan, serta mudah dalam pengaplikasiannya.

4.6.1 Sabut kelapa

Indonesia merupakan penghasil kelapa dalam jumlah yang besar. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2016) areal perkebunan di Indonesia total mencapai luas 3.566.103 ha dan menghasilkan 2.890.735 ton dalam wujud kopra (kelapa kering). Untuk mengurangi limbah kelapa tersebut dapat dimanfaatkan salah satu bagian kelapa yaitu sabut kelapa untuk material alternatif dalam peredam suara. Karena sabut kelapa memiliki struktur serat yang mampu mengikat suara.



Gambar 4.52 Sabut Kelapa Kering

A. Kelebihan dan kekurangan sabut kelapa

Menurut Coir Institute (2009) sabut kelapa memiliki beberapa kelebihan yaitu tahan terhadap hama dan jamur, memiliki insulasi yang baik terhadap suara, mampu menyerap air dengan baik dengan kapasitas 3x dari beratnya serta tahan terhadap api. Walaupun sabut kelapa tahan terhadap api untuk menghambat sabut kelapa dari api adalah dengan memberikan bahan *fire retardant*. Selain kelebihan, sabut kelapa memiliki kekurangan yaitu tidak steril dari *phatogen*, walaupun sabut kelapa mampu bertahan dari hama akan tetapi perlu disterilkan kembali dengan cara memberikan cairan insektisida.

B. Koefisien serap sabut kelapa

Menurut Ainie Khuriati, dkk (2006) berdasarkan hasil eksperimen terhadap sabut kelapa kelapa dihasilkan koefisien serap dengan ketebalan 22 mm.

Tabel 4.31

Koefisien serap material sabut kelapa

| Frekuensi | Koefisien Serap |
|-----------|-----------------|
| 125 Hz | 0.18 |
| 250 Hz | 0.22 |
| 500 Hz | 0.36 |
| 1000 Hz | 0.62 |
| 2000 Hz | 0.78 |
| 4000 Hz | 0.72 |

Sumber : Ainie Khuriati, 2006

4.6.2 Kotak karton gelombang (kkg)

Banyaknya sampah kotak karton gelombang (kkg) yang berlimpah dan belum dimanfaatkan menjadi permasalahan terhadap limbah yang tinggi di Indonesia. Salah satunya di kota Bali, menurut LSM “*ecoBali Recycling*” (2017) selama periode 2017 kota Bali mampu mengumpulkan 400 ton sampah kotak karton. Sehingga dari pernyataan tersebut dapat diperkirakan apabila seluruh di Indonesia tiap tahunnya dapat menghasilkan ratusan ribu bahkan jutaan ton sampah kotak karton. Kotak karton gelombang yang memiliki serat kayu (selulosa) dapat dipertimbangkan sebagai alternatif material peredam suara. Pemanfaatan ini sudah dikembangkan oleh salah satu perusahaan Jepang bernama VIBE yaitu mengembangkan Danbocchi sebuah kotak kedap suara terbuat dari kotak karton.



Gambar 4.53 Kotak karton gelombang (kkg)

A. Kelebihan dan kekurangan kotak karton gelombang (kkg)

Kelebihan kotak karton gelombang (kkg) memiliki serat selulosa yang dinamakan *flute*. Dimana serat tersebut mampu mengikat suara yang masuk. Selain kelebihan kotak karton gelombang, memiliki kekurangan yaitu tidak tahan terhadap jamur dan hama. Untuk mengatasi tersebut dapat diberikan cairan insektisida maupun anti jamur. Lalu kotak karton gelombang tidak tahan terhadap api, sehingga untuk mengendalikan tersebut dapat diberikan cairan bersifat *fire retardant* untuk menghambat terjadinya kebakaran.

B. Koefisien serap kotak karton gelombang

Menurut Oky Kurniawan, dkk (2015) berdasarkan hasil eksperimen terhadap kotak karton gelombang dihasilkan koefisien serap dengan 2 sampel yaitu ketebalan 20 mm dan 40 mm.

Tabel 4.32

Koefisien serap material kotak karton gelombang (kkg)

| Frekuensi | Koefisien Serap (40 mm) | Koefisien Serap (20 mm) |
|-----------|-------------------------|-------------------------|
| 125 Hz | 0.08 | 0.15 |
| 250 Hz | 0.17 | 0.13 |
| 500 Hz | 0.22 | 0.15 |
| 1000 Hz | 0.52 | 0.39 |
| 2000 Hz | 0.88 | 0.70 |
| 4000 Hz | 0.95 | 0.89 |

Sumber :Oky Kurniawan, 2015

4.7. Proses Pembuatan Panel Akustik

Dalam pembuatan panel akustik dilakukan secara konvensional. Hal ini dikarenakan tidak adanya alat maupun mesin untuk membuat panel akustik. Proses pembuatan dibedakan berdasarkan jenis material akustik.

4.7.1 Sabut kelapa

Menurut Ainie Khuriati,dkk (2006) langkah – langkah dalam pembuatan panel akustik dengan bahan baku sabut kelapa , sebagai berikut :

1. Menyediakan sabut kelapa yang sudah kering atau berwarna coklat. Menurut Ainie Khuriati, dkk (2006) sabut kelapa yang semakin tua maka tingkat penyerapannya semakin tinggi.



Gambar 4.54 Sabut kelapa yang sudah kering

2. Sabut kelapa dipisahkan menjadi serat sabut (*cocofiber*) dan daging sabut (*cocodust*) secara manual menggunakan tangan. Agar antar serat mudah direkatkan maka serat yang kasar dipotong menjadi ukuran yang lebih pendek yaitu ± 1 cm sedangkan serat yang halus dipotong dengan ukuran ± 3 cm menggunakan gunting.



Gambar 4.55 Serat sabut yang sudah dipisahkan

3. Sabut kelapa kemudian direkatkan menggunakan lem kayu dan air dengan perbandingan air 1 : 1 dengan cara dicampur menjadi satu dalam suatu wadah.



Gambar 4.56 Proses perekatan antar sabut kelapa

4. Melakukan pencetakan dengan dilapisi plastik untuk mempermudah dalam melakukan *press* yang dilakukan selama 6 jam. Setelah dipres dijemur di bawah panas matahari selama 2 hari.



Gambar 4.57 Proses pencetakan sampel

5. Sampel dipotong 15 cm x 20 cm dan ditempel menggunakan lem kayu dengan ketebalan 5 cm.



Gambar 4.58 Panel akustik sabut kelapa

4.7.2 Kotak karton gelombang (kkg)

Menurut Oky Kurniawan, dkk (2015) langkah – langkah dalam pembuatan panel akustik dengan bahan baku sabut kelapa, sebagai berikut :

1. Menyediakan kotak karton gelombang (kkg) lalu dipotong dengan ukuran 15 x 20 cm.



Gambar 4.59 Kotak karton gelombang yang sudah dipotong

2. Antar kotak karton gelombang direkatkan menggunakan lem kayu lalu dipres menggunakan triplek agar antar kotak karton melekat dengan kuat.



Gambar 4.60 Perekatan kotak karton gelombang

3. Sampel kotak karton dibuat setebal 5 cm dengan ukuran 15 x 20 cm



Gambar 4.61 Panel Akustik kotak karton gelombang

4.7.3 Kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg)

Langkah – langkah dalam pembuatan panel akustik dengan bahan baku sabut kelapa dan kotak karton gelombang, sebagai berikut :

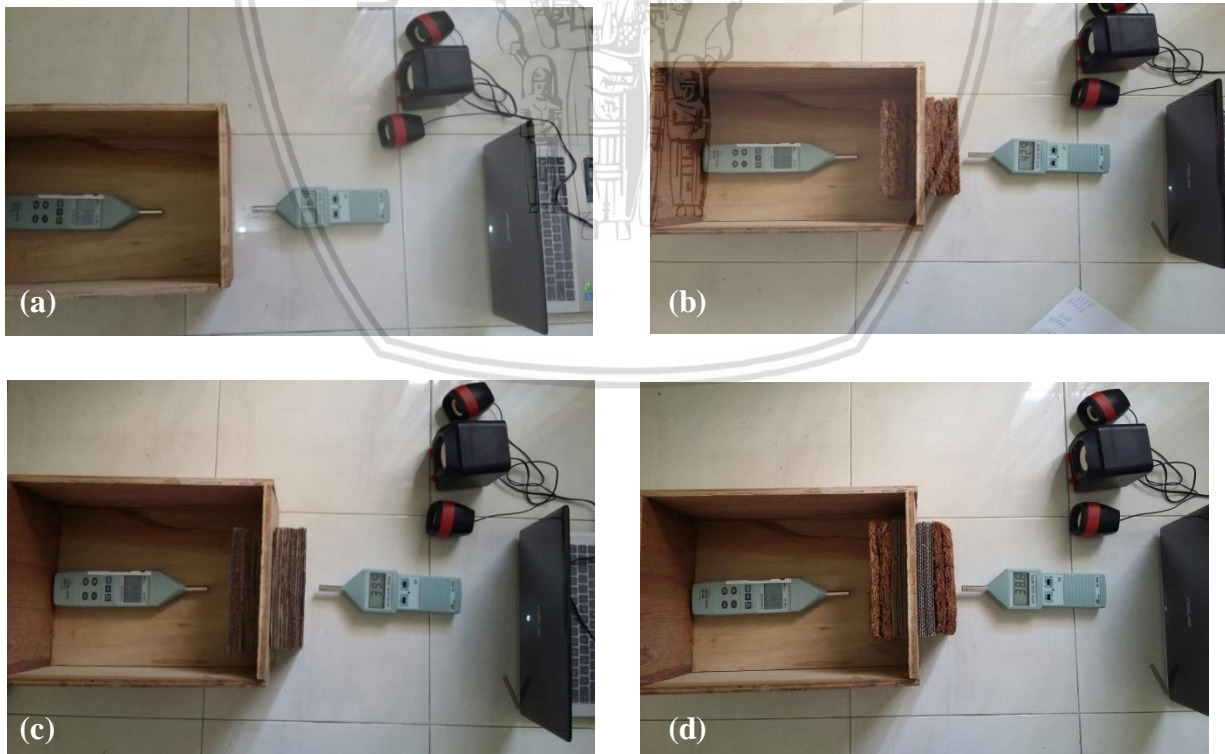
1. Menyiapkan sabut kelapa dengan ketebalan 2.5 cm dan kotak karton gelombang dengan ketebalan 2.5 cm masing masing ukuran panel 15 x 20 cm. Kemudian direkatkan dengan menggunakan lem kayu.



Gambar 4.62 Panel Akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang

4.8. Proses Pengujian Sampel Panel

Untuk mengetahui efektivitas pada suatu panel dalam meredam suara, perlu perhitungan dengan *noise reduction* (NR) yang akan dibandingkan dari nilai setiap sampel panel melalui pengujian sampel dengan langkah langkah yang telah di bahas di bab metode penelitian.



Gambar 4.63 Eksperimen material akustik (a) Tanpa material (b) sabut kelapa (c) kotak katon gelombang (d) kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang

Setelah melakukan eksperimen melakukan penghitungan *noise reduction* menggunakan rumus yang disesuaikan dengan tinjauan pustaka dengan persamaan :

$$NR = SPL_1 - SPL_2 \dots\dots\dots (4-4)$$

dengan :

NR = Noise reduction (dB)

SPL_1 = SPL sumber bunyi (dB)

SPL_2 = SPL penerima bunyi (dB)

Pengambilan data nilai SPL dilakukan pada ruangan dalam keadaan kosong tidak ada perabot. Hal ini dilakukan agar suara dari speaker tidak ada yang terserap. Sumber suara yang dihasilkan berupa suara frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz dengan nilai awal suara 90 dB. Hasil NR yang didapatkan menggunakan hasil penghitungan menggunakan rumus NR. *Noise reduction* (NR) untuk mengetahui selisih tingkat penurunan kebisingan pada suatu material.

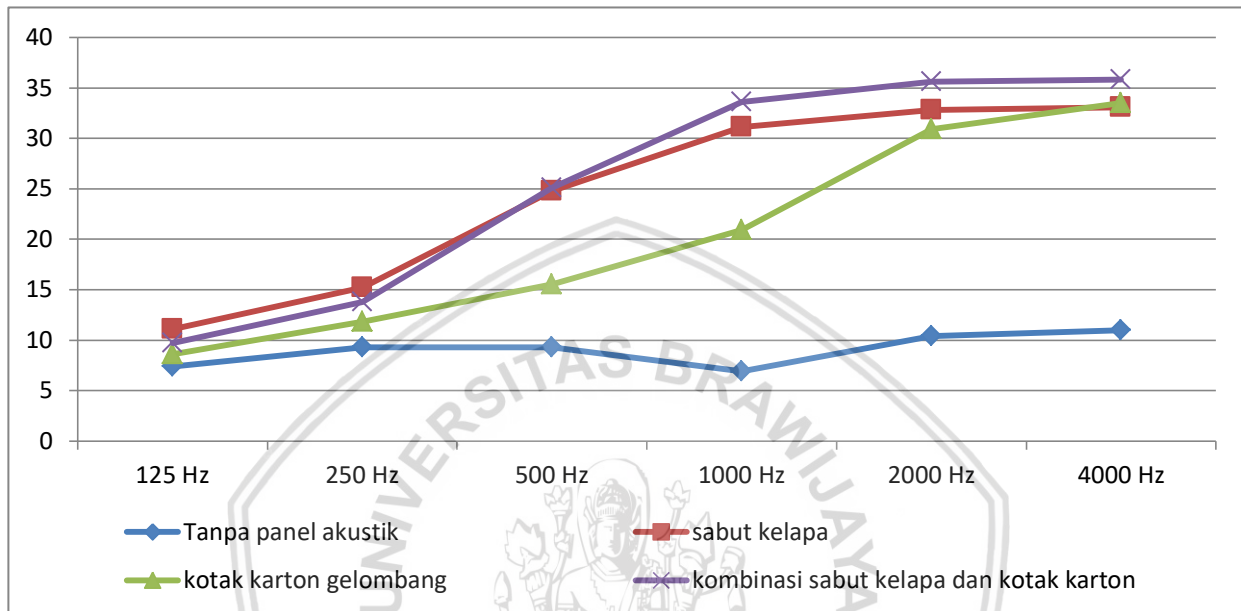
Tabel 4.33
Hasil data pengujian material panel akustik

| Sampel Panel Akustik | Exp | 125 Hz | | | 250 Hz | | | 500 Hz | | | 1000 Hz | | | 2000 Hz | | | 4000 Hz | | |
|----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | | SPL ₁ (dB) | SPL ₁ (dB) | NR | SPL ₁ (dB) | SPL ₁ (dB) | NR | SPL ₁ (dB) | SPL ₁ (dB) | NR | SPL ₁ (dB) | SPL ₁ (dB) | NR | SPL ₁ (dB) | SPL ₁ (dB) | NR | SPL ₁ (dB) | SPL ₁ (dB) | NR |
| Tanpa panel akustik | 1 | 87.9 | 80.8 | 7.1 | 87.8 | 78.4 | 9.4 | 89.1 | 80.6 | 8.5 | 90.7 | 83.7 | 7 | 90.6 | 80.1 | 10.5 | 90.3 | 79.3 | 11 |
| | 2 | 88.5 | 80.5 | 8 | 89.2 | 80.2 | 9 | 89.4 | 79.6 | 9.8 | 90.8 | 83.5 | 7.3 | 90.8 | 80.5 | 10.3 | 90.5 | 79.4 | 11.1 |
| | 3 | 87.8 | 80.7 | 7.1 | 89.3 | 79.7 | 9.6 | 90.6 | 81.0 | 9.6 | 90.2 | 83.7 | 6.5 | 90.2 | 79.9 | 10.3 | 90.6 | 79.7 | 10.9 |
| Sabut kelapa | 1 | 88.2 | 73.7 | 14.5 | 88.5 | 77.3 | 11.2 | 90.2 | 65.4 | 24.8 | 90.5 | 58.7 | 31.8 | 90.4 | 58.7 | 31.5 | 90.2 | 57.7 | 32.5 |
| | 2 | 88.4 | 73.8 | 14.6 | 88.8 | 77.4 | 11.4 | 90.1 | 65.3 | 24.8 | 90.6 | 59.4 | 31.2 | 90.6 | 56.4 | 34 | 90.4 | 57.4 | 33 |
| | 3 | 88.9 | 73.4 | 15.5 | 89.3 | 77.4 | 11.9 | 90.6 | 65.9 | 24.7 | 90.0 | 60.0 | 30.4 | 90.7 | 52.6 | 32.9 | 90.5 | 56.6 | 33.9 |
| Kotak karton | 1 | 87.6 | 79.2 | 8.4 | 88.7 | 77.3 | 11.4 | 90.4 | 74.6 | 15.8 | 90.7 | 71.0 | 19.7 | 90.2 | 59.1 | 31.1 | 90.2 | 57.7 | 32.5 |
| | 2 | 88.2 | 79.0 | 9.2 | 89.2 | 77.2 | 12 | 90.6 | 75.2 | 15.4 | 90.5 | 68.2 | 22.3 | 90.1 | 58.4 | 32 | 90.4 | 56.6 | 33.5 |
| | 3 | 87.4 | 79.1 | 8.3 | 89.3 | 77.4 | 11.9 | 90.2 | 74.9 | 15.3 | 90.3 | 69.6 | 20.7 | 89.8 | 60.1 | 29.7 | 90.5 | 55.3 | 34.5 |
| Sabut kelapa dan kkg | 1 | 88.3 | 77.8 | 10.5 | 88.4 | 75.1 | 13.3 | 90.3 | 65.8 | 24.5 | 90.4 | 57.2 | 33.2 | 90.1 | 55.6 | 34.5 | 90.1 | 53.9 | 36.2 |
| | 2 | 88.5 | 78.6 | 9.9 | 88.8 | 75.0 | 13.8 | 90.2 | 64.5 | 25.7 | 90.2 | 56.8 | 33.4 | 89.7 | 53.9 | 35.8 | 90.4 | 55.3 | 35.1 |
| | 3 | 87.4 | 78.7 | 8.7 | 89.1 | 74.8 | 14.3 | 89.8 | 64.8 | 25 | 90.5 | 56.3 | 34.2 | 90.4 | 54.0 | 36.4 | 90.7 | 54.6 | 36.1 |

Tabel 4.34
Hasil rata – rata data pengujian material panel akustik

| Sampel panel akustik | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Tanpa panel akustik | 7.4 | 9.3 | 9.3 | 6.9 | 10.4 | 11 |
| Sabut kelapa | 11.1 | 15.2 | 24.8 | 31.1 | 32.8 | 33.1 |
| Kotak karton gelombang | 8.6 | 11.8 | 15.5 | 20.9 | 30.9 | 33.5 |
| Kombinasi sabut kelapa dan kkg | 9.7 | 13.8 | 25.1 | 33.6 | 35.6 | 35.8 |

Dilihat dari rata – rata tersebut panel akustik yang memiliki nilai NR kisaran 8 – 35 dB dengan dimensi panel ukuran 15 x 20 cm dengan ketebalan 5 cm. Dimana nilai NR terbesar yaitu pada material kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg) pada frekuensi 4000 Hz mencapai 35.8 dB



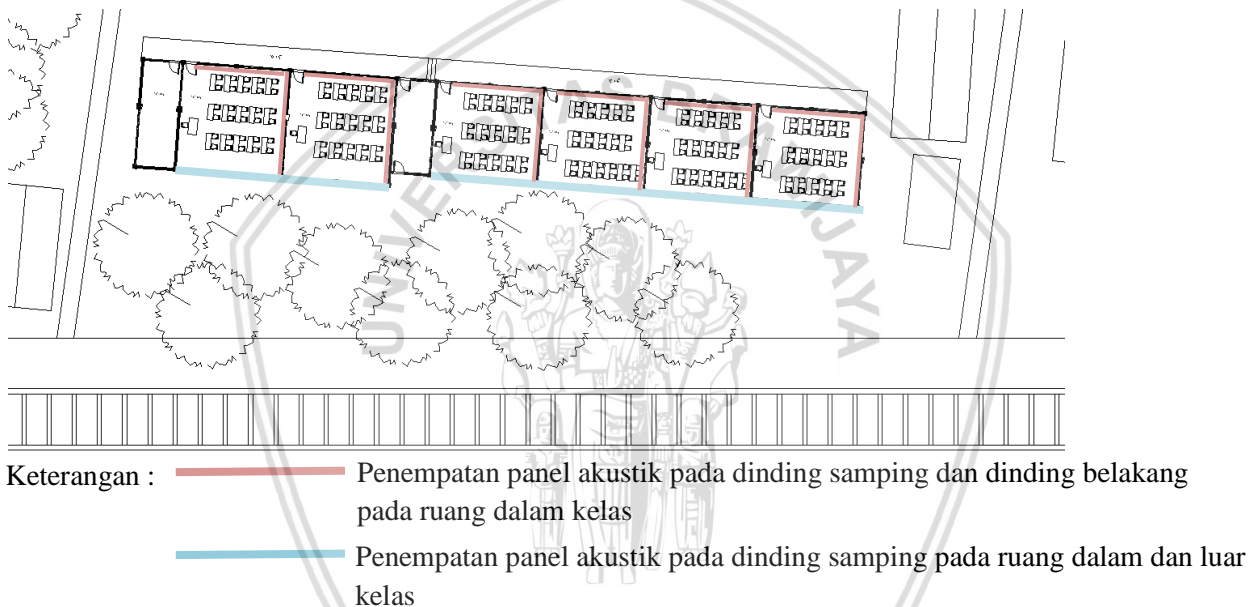
Gambar 4.64 Grafik hasil penghitungan simulasi panel akustik

Dilihat dari grafik tersebut pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz panel akustik dengan bahan baku sabut kelapa merupakan material yang paling efektif dalam mereduksi suara dibandingkan dengan bahan baku kotak karton gelombang. Hal ini menunjukkan material yang berasal dari sampah organik lebih efektif dibandingkan material yang bersal dari sampah anorganik. Sedangkan pada 4000 Hz material kotak karton gelombang merupakan material yang lebih efektif dalam mereduksi dibandingkan panel akustik sabut kelapa. Hal ini menunjukkan material yang berasal dari sampah anorganik pada frekuensi tinggi lebih efektif dalam mereduksi suara. Setelah dikombinasikan kedua material tersebut pada 125 Hz dan 250 Hz kurang efektif dalam meeduksi suara dibandingkan dengan serabut kelapa. Akan tetapi ketika 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, dan 4000 Hz material ini lebih efektif dalam mereduksi dibandingkan panel akustik sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg).

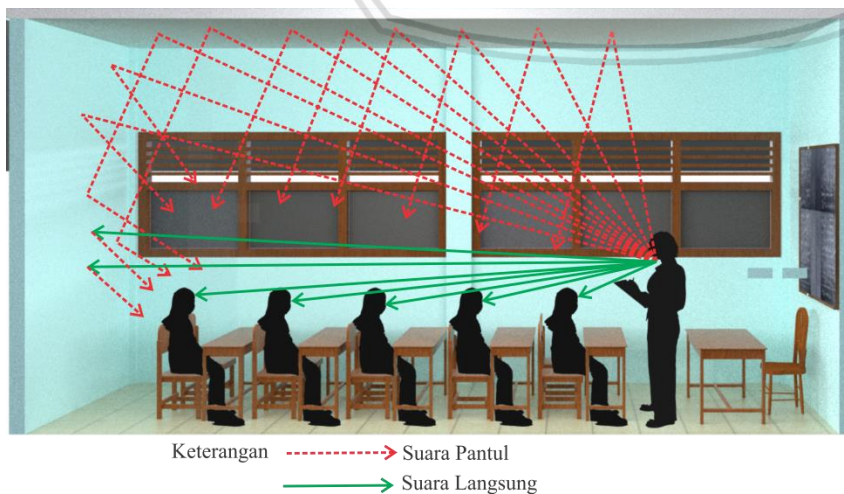
Sehingga dapat disimpulkan dari hasil simulasi tersebut dengan menggunakan model fisik (maket) dengan skala 1 : 20, panel akustik yang efektif dalam mereduksi suara adalah panel kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg).

4.9. Pengaplikasian Panel Akustik pada Ruang Kelas

Pengaplikasian ini diletakkan pada dinding dalam dan dinding luar. Untuk memberikan kesan estetika pada ruang kelas maka perlu pola perletakan ruang panel pada ruang kelas. Sehingga selain dapat mereduksi suara, panel dapat menambah nilai estetika pada ruang. Perletakan panel mengikuti acuan formasi penempatan elemen akustik pada ruang kelas yang sudah di bahas di bab tinjauan pustaka.

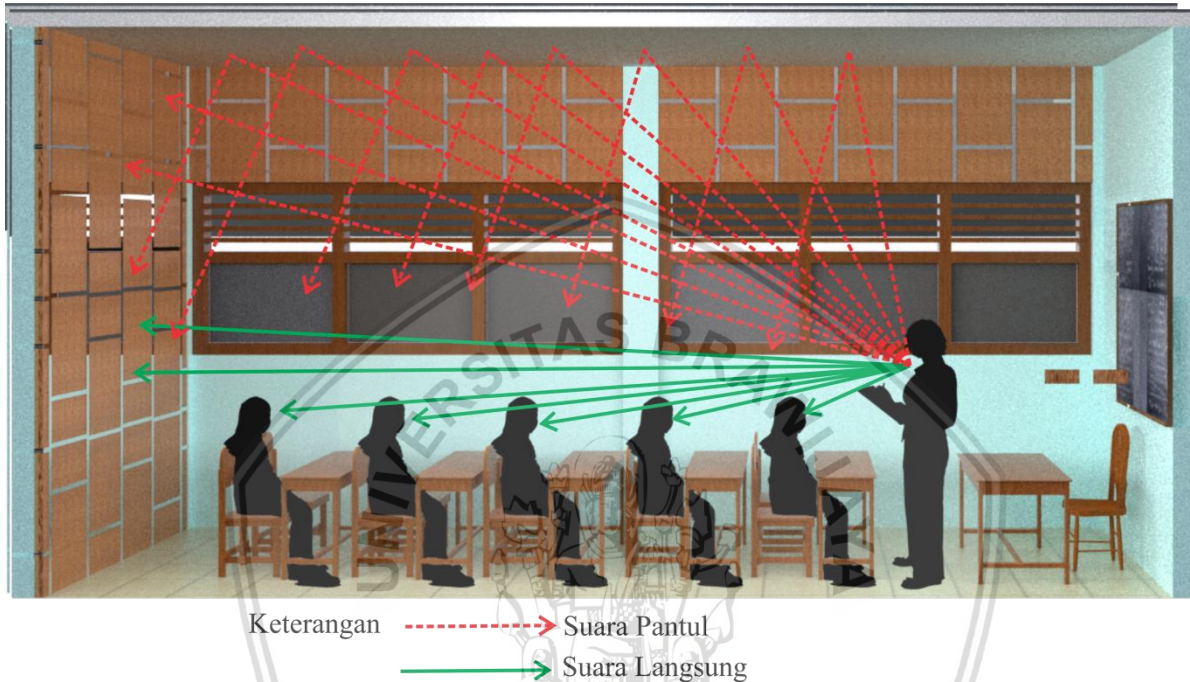


Gambar 4.65 Perletakan panel akustik pada layout



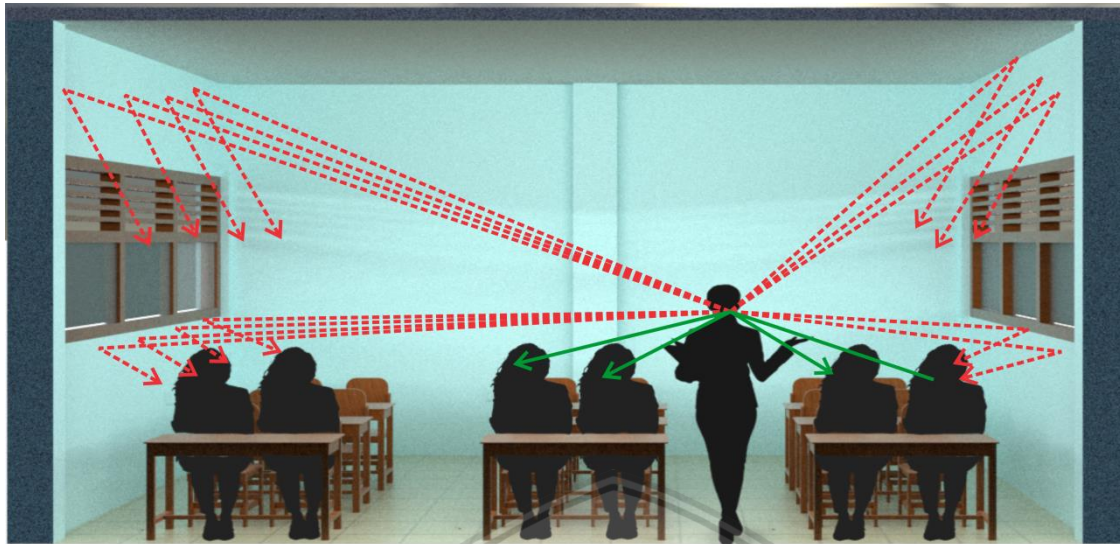
Gambar 4.66 Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting tanpa elemen akustik pada dinding belakang

Berdasarkan penyebaran suara pada ruangan kelas tanpa elemen akustik, maka pada dinding belakang mengalami pemantulan tentu ini berpengaruh terhadap kejelasan suara terutama pada siswa yang duduk pada barisan belakang. Sedangkan pada plafond membutuhkan pemantulan suara agar suara dari pengajar dapat terdengar hingga pada siswa yang duduk dibangku belakang.



Gambar 4.67 Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting dengan elemen akustik pada dinding belakang

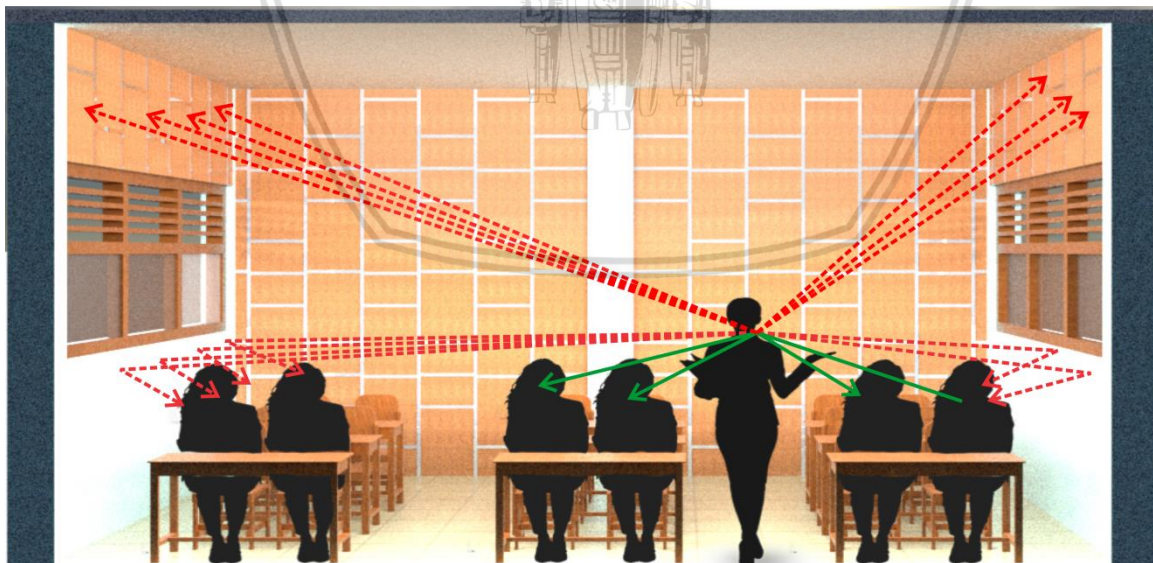
Menurut Canning (2015) pada dinding belakang pada ruang kelas membutuhkan elemen akustik yang bersifat menyerap (absorptif). Sehingga ketika diberi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang, penyebaran suara pantul dapat berkurang sehingga suara langsung dari pengajar dapat terdengar dengan jelas. Sedangkan pada plafond membutuhkan elemen akustik yang bersifat memantul (reflektif). Hal ini bertujuan agar suara pengajar dapat terdengar oleh siswa yang duduk pada barisan belakang. Sehingga pada plafond tidak diberi rekomendasi panel akustik. Pada lantai menurut Canning (2015) membutuhkan elemen yang bersifat absorptif untuk menghindari pantulan dari suara langkah kaki. Akan tetapi, pada hasil penghitungan *reverberation time* setelah diberi rekomendasi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang menunjukkan dibawah standar 0.50 apabila lantai diberi elemen yang bersifat absorptif. Sehingga pada lantai tidak diberi elemen absorptif untuk menghindari ruangan bersifat mati.



Keterangan - - - - -> Suara Pantul
 - - - - -> Suara Langsung

Gambar 4.68 Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting tanpa elemen akustik pada dinding samping

Berdasarkan penyebaran suara pada ruangan kelas tanpa elemen akustik maka pada dinding samping pada bagian atas, mengalami pemantulan tentu ini berpengaruh terhadap kejelasan suara. Sedangkan pada dinding samping bagian bawah membutuhkan pemantulan suara agar suara dari pengajar dapat terdengar hingga pada siswa yang duduk pada bagian samping yang dekat dengan dinding.



Keterangan - - - - -> Suara Pantul
 - - - - -> Suara Langsung

Gambar 4.69 Penyebaran suara pada ruangan kelas eksisting dengan elemen akustik pada dinding samping

Menurut Canning (2015) pada dinding samping bagian atas pada ruang kelas membutuhkan elemen akustik yang bersifat menyerap (absorptif). Sehingga ketika diberi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang, penyebaran suara pantul dapat berkurang sehingga suara langsung dari pengajar dapat terdengar dengan jelas. Sedangkan pada dinding samping bagian bawah membutuhkan elemen akustik yang bersifat memantul (reflektif). Hal ini bertujuan agar suara pengajar dapat terdengar oleh siswa yang duduk pada barisan samping dekat dengan dinding. Selain itu pada dinding bawah ruang kelas setinggi telinga manusia ketika duduk, sehingga suara pengajar dapat terdengar dengan jelas. Sehingga pada dinding bagian bawah tidak diberi rekomendasi panel akustik. Pada lantai menurut Canning (2015) membutuhkan elemen yang bersifat absorptif untuk menghindari pantulan dari suara langkah kaki. Akan tetapi, pada hasil penghitungan *reverberation time* setelah diberi rekomendasi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang menunjukkan dibawah standar 0.50 apabila lantai diberi elemen yang bersifat absorptif. Sehingga pada lantai tidak diberi elemen absorptif untuk menghindari ruangan bersifat mati.



Gambar 4.70 perletakan panel pada ruang kelas 1 dan 4



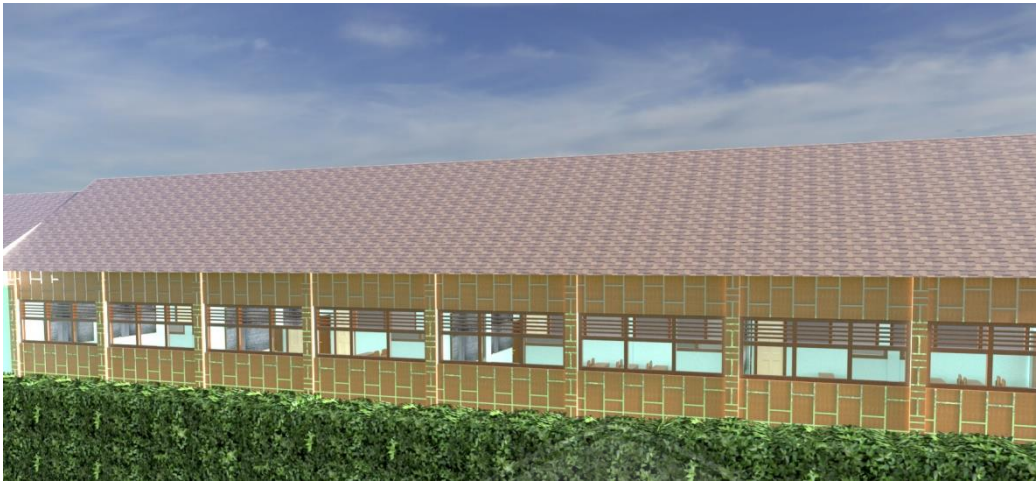
Gambar 4.71 perletakan panel pada ruang kelas 2 dan 3



Gambar 4.72 perletakan panel pada ruang kelas 5 dan 6

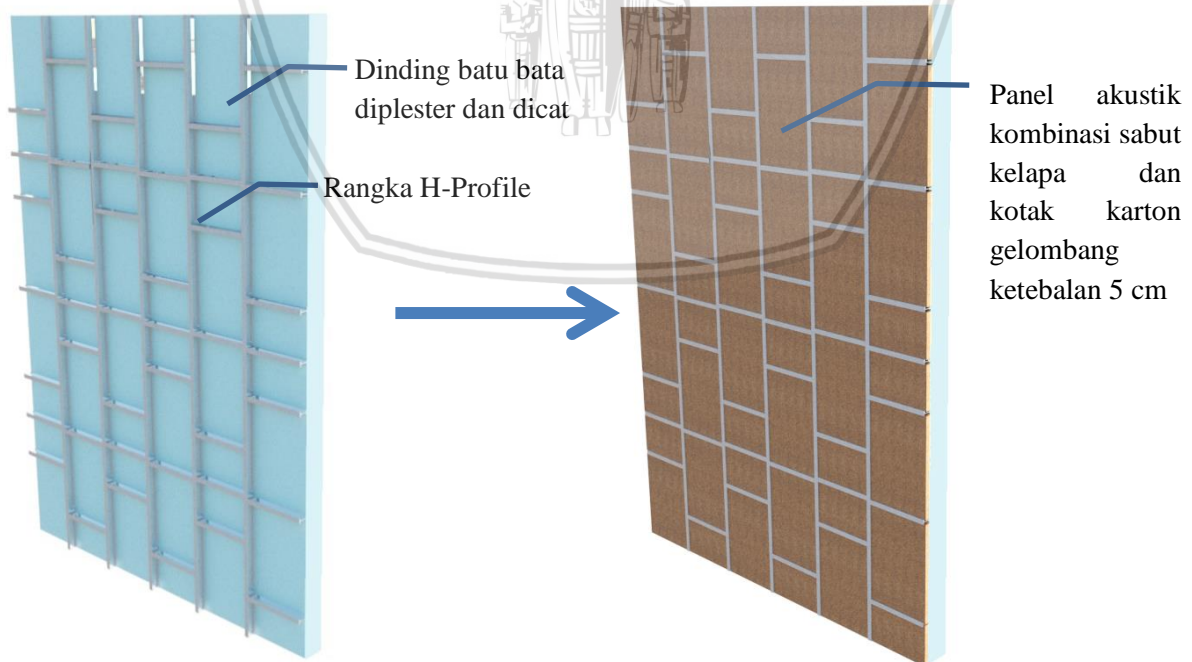


Gambar 4.73 perletakan panel pada facade belakang ruang kelas 5 dan 6



Gambar 4.74 Perletakan panel pada facade belakang ruang kelas 1, 2, 3, dan 4

Perletakan rekomendasi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang pada facade belakang ruang kelas ini bertujuan untuk meredam suara bising yang berasal dari kereta api ketika melintas. Sehingga penempatan panel pada facade diberikan seluruh permukaan hal ini bertujuan agar suara bising dapat tereduksi dengan baik. Karena semakin luas permukaan pada material yang diberi panel akustik, maka semakin baik ruangan tersebut dapat tereduksi.



Gambar 4.75 Konstruksi Pemasangan panel aksutik pada dinding

Langkah pertama dalam pengaplikasian yaitu memasang H-Profile pada dinding dengan menggunakan sekrup/paku. Penggunaan rangka tersebut bertujuan untuk memudahkan dalam memasang dan mempererat panel akustik di tiap sisinya. Panjang rangka H-Profile untuk aplikasi panel menyesuaikan dengan ukuran panel yaitu 30 x 50 cm, 70 x 50 cm, 15 x 70 cm serta 15 x 30 cm. Selanjutnya memasang panel akustik dengan cara memasukkan pada sisi dalam rangka H-Profile.

Menurut penelitian terdahulu semakin tebal panel akustik maka semakin baik suara dapat tereduksi. Pada penelitian terdahulu melakukan penelitian material panel akustik hanya ketebalan 1 hingga 2 cm, berdasarkan hasil penelitian tersebut dengan ketebalan tersebut masih kurang untuk mereduksi suara dengan maksimal sehingga perlu menambahkan ketebalan pada panel akustik. Sedangkan apabila panel akustik diberi ketebalan 10 hingga 15 cm tentu ini menjadi tidak relevan dikarenakan ketebalan setara dengan ketebalan pada dinding, selain itu ruang akan memberikan kesan sempit. Sehingga dari pemaparan tersebut dipilih ketebalan 5 cm hal ini dikarenakan pada ketebalan ini menyesuaikan dengan dimensi ruang kelas dimensi 7 m x 8 m, selain itu panel akustik yang dikomersilkan dominan memiliki ketebalan 5 cm.

Pada pengaplikasian panel akustik pada ruang kelas tetap mempertahankan tekstur alami pada material sabut kelapa. Oleh karena itu *maintenance* pada panel akustik ketika terkena debu dapat dibersihkan dengan menggunakan sikat halus atau kemoceng bulu ayam agar permukaan sabut kelapa tidak rusak. Sedangkan pada saat musim hujan permukaan sabut kelapa mampu menahan air hujan 3x lebih berat dari ukuran asli selain itu sabut kelapa ini tahan dengan kelembapan sehingga sesuai dengan kondisi di Indonesia yang memiliki kelembapan tinggi.

4.10. Rekomendasi Panel Akustik dan *Barrier Reduction* pada eksterior

Untuk mengatasi masalah kebisingan pada eksterior (ruang luar) dapat dilakukan penghitungan *Sound Transmission Class* untuk mengetahui tingkat reduksi kebisingan pada panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang. Selain itu dilakukan penghitungan *barrier reduction* dengan ketinggian setara bukaan pada jendela, hal ini dikarenakan tinggi *barrier* eksisting hanya 1.5 meter sehingga tidak mampu mereduksi kebisingan secara optimal. Dikarenakan tidak ditemukan teori untuk menghitung volume pepohonan terhadap reduksi kebisingan, maka rekomendasi yang diberikan untuk mengatasi

masalah eksterior hanya fokus pada panel akustik dan ketinggian *barrier*. Dari hasil rekomendasi tersebut maka didapat nilai *background noise level* yang akan disesuaikan dengan standar pada ruang kelas.

4.10.1 Penghitungan *Sound Transmission Class* setelah diberi rekomendasi

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui nilai reduksi material panel akustik kombinasi sabut kelapa dan KKG pada ruang kelas 1 s/d 6.

Tabel 4.35

SRI Material kombinasi dinding dengan panel akustik

| Jenis Material | Sound Reduction Indicates | | |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Dinding Batu Bata ketebalan 15 cm | 50.3 dB | 58.1 dB | 63.2 dB |
| Panel Kombinasi Sabut Kelapa | 24.2 dB | 28.6 dB | 34.7 dB |
| Total SRI material dinding | 74.5 dB | 86.7 dB | 97.9 dB |

A. *Sound Transmission Class* ruang kelas 1, 2, 3 dan 4 setelah diberi rekomendasi

Penghitungan STC ini untuk mengetahui reduksi bising pada ruang kelas 1, 2, 3, dan 4 setelah diberi rekomendasi dan membandingkan pada standard *background noise level*. Perhitungan STC ini hanya dihitung pada dinding yang berdekatan langsung dengan sumber kebisingan yaitu dekat dengan perlintasan rel kereta api.

Tabel 4.36

STC pada ruang kelas 1, 2, 3, dan 4

| Jenis Material | Luas Permukaan | Sound Reduction Indicates | | | | | |
|------------------------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|
| | | SRI | Koefisien Transmissi | SRI | Koefisien Transmissi | SRI | Koefisien Transmissi |
| | | 500 Hz | 1000 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 2000 Hz |
| Dinding batu bata + Panel Akustik | 24.73 m ² | 74.5 dB | 2.88×10^{-8} | 86.7 dB | 6.76×10^{-10} | 97.9 dB | 1.31×10^{-10} |
| <i>fixed windows</i> Kaca ketebalan 5 mm | 13.29 m ² | 24.2 dB | 3.8×10^{-3} | 28.6 dB | 1.38×10^{-3} | 34.7 dB | 3.39×10^{-4} |

Tabel 4.37

 T_{average} pada ruang kelas 1, 2, 3, dan 4

| Taverage | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $T_{\text{average}} = \frac{(24.73 \times 2.88 \times 10^{-8}) + (13.29 \times 3.8 \times 10^{-3})}{(24.73 + 13.29)}$ $= 1.328 \times 10^{-3}$ | $T_{\text{average}} = \frac{(24.73 \times 6.76 \times 10^{-10}) + (13.29 \times 1.38 \times 10^{-3})}{(24.73 + 13.29)}$ $= 4.82 \times 10^{-4}$ | $T_{\text{average}} = \frac{(24.73 \times 1.31 \times 10^{-10}) + (13.29 \times 3.39 \times 10^{-4})}{(24.73 + 13.29)}$ $= 1.18 \times 10^{-4}$ |

Tabel 4.38

Sound transmission class pada ruang kelas 1, 2, 3, dan 4

| STC | | |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $\text{SRI} = -10 \log (1.328 \times 10^{-3})$ $= 28.76 \text{ dB}$ | $\text{SRI} = -10 \log (4.82 \times 10^{-4})$ $= 33.16 \text{ dB}$ | $\text{SRI} = -10 \log (1.18 \times 10^{-4})$ $= 39.26 \text{ dB}$ |

Untuk mengetahui hasil dari STC pada ruang kelas maka sebelumnya perlu menentukan koefisien transmisi dari nilai SRI masing masing material. Dimana nilai SRI tersebut didapatkan dari literatur sedangkan untuk panel akustik didapatkan dari simulasi menggunakan maket. Pada koefisien transmisi dinding batu bata dijumlahkan dengan panel akustik, hal ini dikarenakan panel akustik bersifat sebagai pelapis dinding. Dari hasil penghitungan STC (*sound transmission class*) pada ruang kelas 1, 2, 3, dan 4 semakin tinggi frekuensi sumber suara maka semakin besar panel akustik tersebut mampu meredam suara yaitu 39.26 dB pada frekuensi 2000 Hz.

B. *Sound Transmission Class* ruang kelas 5 dan 6 setelah diberi rekomendasi

Penghitungan STC ini untuk mengetahui reduksi bising pada ruang kelas 5 dan 6 setelah diberi rekomendasi dan membandingkan pada standard *background noise level*. Perhitungan STC ini hanya dihitung pada dinding yang berdekatan langsung dengan sumber kebisingan yaitu dekat dengan perlintasan rel kereta api.

Tabel 4.39

STC pada ruang kelas 5 dan 6

| Jenis Material | Luas Permukaan | Sound Reduction Indicators | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| | | SRI | Koefisien Transmissi | SRI | Koefisien Transmissi | SRI | Koefisien Transmissi |
| | | 500 Hz | | 1000 Hz | | 2000 Hz | |
| Dinding batu bata + Panel Akustik | 27.05 m ² | 74.5 dB | 2.88×10^{-8} | 86.7 dB | 6.76×10^{-10} | 97.9 dB | 1.31×10^{-10} |
| Fixed windows ketebalan 5 mm | 13.29 m ² | 24.2 dB | 3.8×10^{-3} | 28.6 dB | 1.38×10^{-3} | 34.7 dB | 3.39×10^{-4} |

| Jenis Material | Luas Permukaan | Sound Reduction Indicators | | | | | |
|-------------------------------|------------------|----------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|
| | | SRI | Koefisien Transmissi | SRI | Koefisien Transmissi | SRI | Koefisien Transmissi |
| | | 500 Hz | | 1000 Hz | | 2000 Hz | |
| Awning windows ketebalan 5 mm | 2 m ² | 28 dB | 1.58 x 10 ⁻³ | 29 dB | 1.25 x 10 ⁻³ | 26 dB | 2.51 x 10 ⁻³ |

Tabel 4.40

Taverage pada ruang kelas 5 dan 6

| Taverage | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $\text{Taverage} = \frac{(27.05 \times 2.88 \times 10^{-8}) + (13.29 \times 3.8 \times 10^{-3}) + (2 \times 1.58 \times 10^{-3})}{(27.05 + 13.29 + 2)}$ $= 6.44 \times 10^{-4}$ | $\text{Taverage} = \frac{(27.05 \times 6.76 \times 10^{-10}) + (13.29 \times 1.38 \times 10^{-3}) + (2 \times 1.25 \times 10^{-3})}{(27.05 + 13.29 + 2)}$ $= 2.74 \times 10^{-4}$ | $\text{Taverage} = \frac{(27.05 \times 1.31 \times 10^{-10}) + (13.29 \times 3.39 \times 10^{-4}) + (2 \times 2.51 \times 10^{-3})}{(27.05 + 13.29 + 2)}$ $= 1.96 \times 10^{-5}$ |

Tabel 4.41

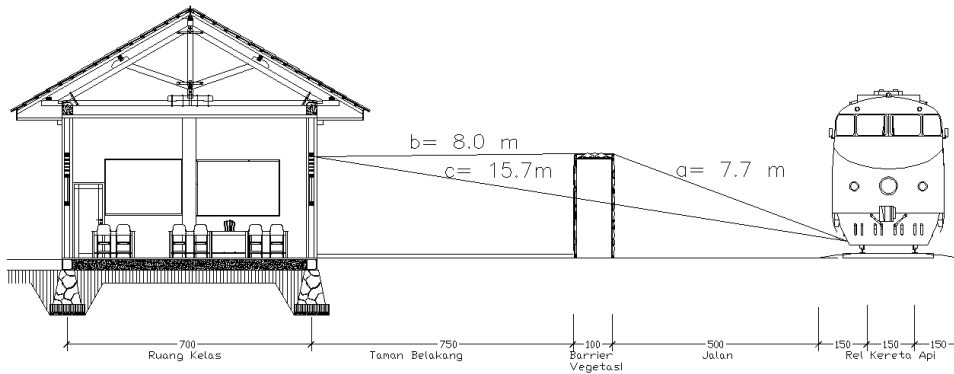
STC pada ruang kelas 5 dan 6

| STC | | |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $\text{STC} = -10 \log (6.44 \times 10^{-3})$ $= 31.91 \text{ dB}$ | $\text{STC} = -10 \log (2.74 \times 10^{-4})$ $= 35.62 \text{ dB}$ | $\text{STC} = -10 \log (1.96 \times 10^{-5})$ $= 47.07 \text{ dB}$ |

Untuk mengetahui hasil dari STC pada ruang kelas maka sebelumnya perlu menentukan koefisien transmisi dari nilai SRI masing masing material. Dimana nilai SRI tersebut didapatkan dari literatur sedangkan untuk panel akustik didapatkan dari simulasi menggunakan maket. Pada koefisien transmisi dinding batu bata dijumlahkan dengan panel akustik, hal ini dikarenakan panel akustik bersifat sebagai pelapis dinding. Dari hasil penghitungan STC (*sound transmission class*) pada ruang kelas 5 dan 6 semakin tinggi frekuensi sumber suara maka semakin besar panel akustik tersebut mampu meredam suara yaitu 47.07 dB pada frekuensi 2000 Hz. Nilai STC pada ruangan kelas 5 dan 6 lebih tinggi dibandingkan ruang kelas 1, 2, 3, dan 4. Hal ini dikarenakan perletakan panel akustik pada dinding ini lebih luas.

4.10.2 Penghitungan rekomendasi ketinggian *barrier*

Penghitungan *barrier* secara eksisting hanya mampu mereduksi 4 dB. Apabila *barrier* ditinggikan setara dengan tinggi jendela maka perhitungan didapatkan :



Gambar 4.76 Hasil reduksi rekomendasi *barrier* ruang kelas 1

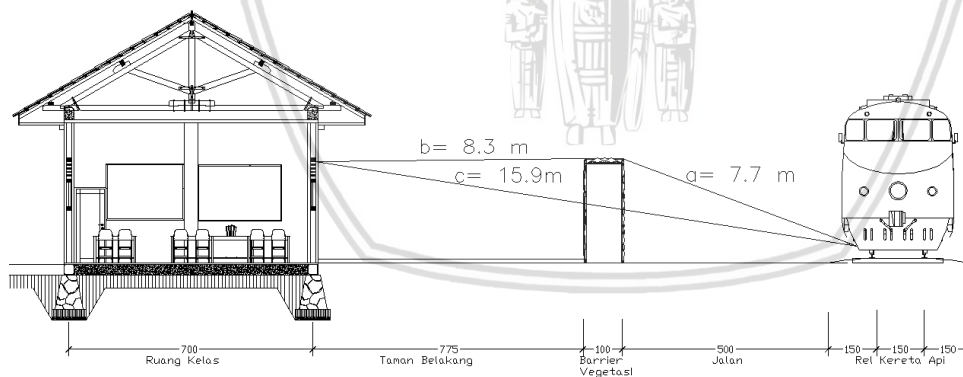
Pada ruang kelas 1 memiliki jarak a sepanjang 7.7 cm, b sepanjang 8.0 cm dan c sepanjang 15.7 cm. Sehingga δ (*path different*) didapatkan :

$$\delta = a + b - c$$

$$= 7.7 + 8.0 - 15.7$$

$$= 0 \text{ m}$$

Disesuaikan dengan grafik *Formula Department of Transport, UK* apabila *path different* maka kebisingan dapat direduksi 8 dB.



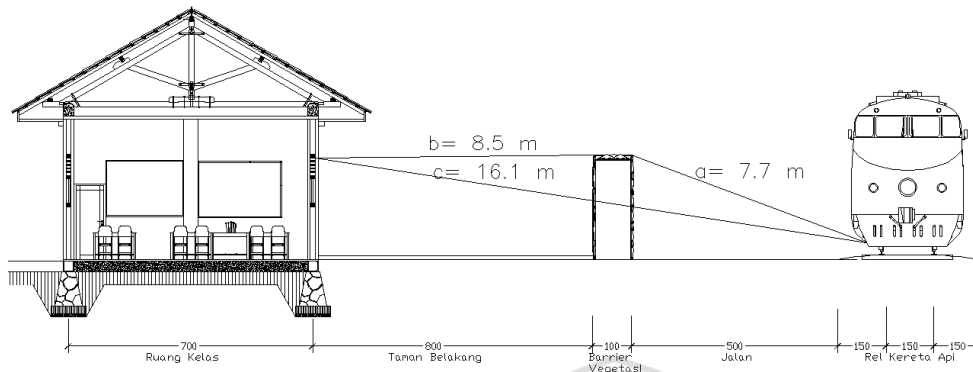
Gambar 4.77 Hasil Reduksi *barrier* ruang kelas 2

Pada ruang kelas 1 memiliki jarak a sepanjang 7.7 cm, b sepanjang 8.3 cm dan c sepanjang 15.9 cm. Sehingga δ (*path different*) didapatkan :

$$\delta = 7.7 + 8.3 - 15.9$$

$$= 0.1 \text{ m}$$

Disesuaikan dengan grafik *Formula Department of Transport, UK* apabila *path different* maka kebisingan dapat direduksi 10 dB.



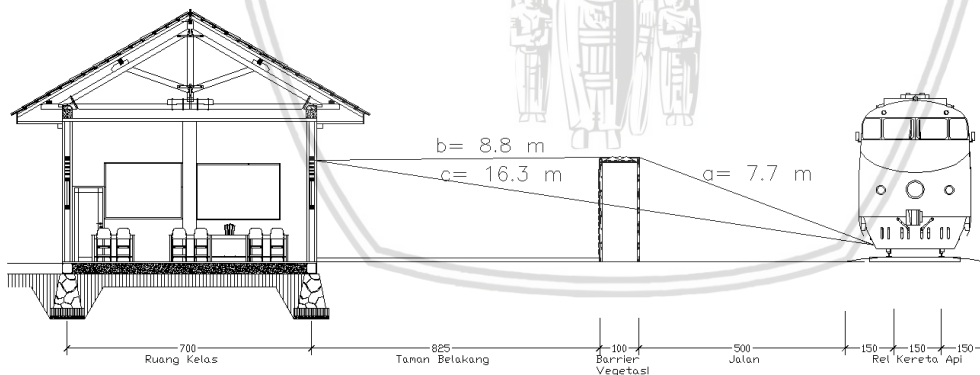
Gambar 4.78 Hasil Reduksi *barrier* ruang kelas 3

Pada ruang kelas 3 memiliki jarak *a* sepanjang 7.7 cm, *b* sepanjang 8.5 cm dan *c* sepanjang 16.1 cm. Sehingga δ (*path different*) didapatkan :

$$\delta = 7.7 + 8.5 - 16.1$$

$$= 0.1 \text{ m}$$

Disesuaikan dengan grafik *Formula Department of Transport, UK* apabila *path different* maka kebisingan dapat direduksi 10 dB.



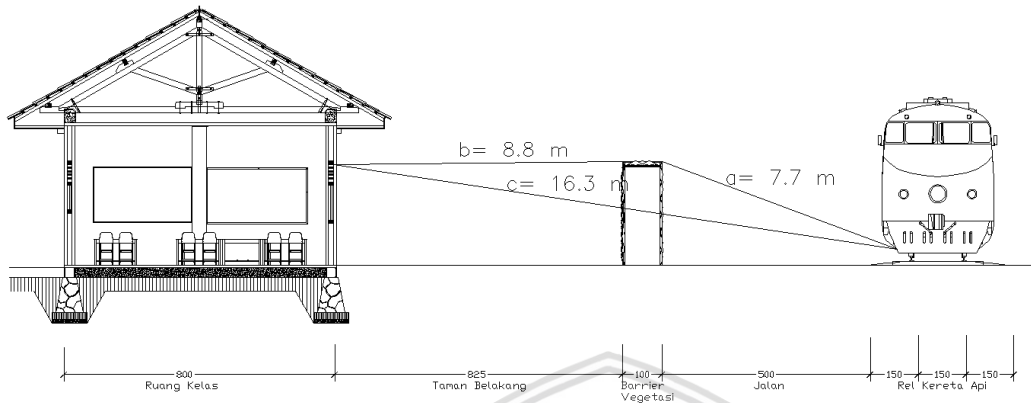
Gambar 4.79 Hasil Reduksi *barrier* ruang kelas 4

Pada ruang kelas 4 memiliki jarak *a* sepanjang 7.7 cm, *b* sepanjang 8.8 cm dan *c* sepanjang 16.3 cm. Sehingga δ (*path different*) didapatkan :

$$\delta = 7.7 + 8.8 - 16.3$$

$$= 0.2 \text{ m}$$

Disesuaikan dengan grafik *Formula Department of Transport, UK* apabila *path different* maka kebisingan dapat direduksi 11.5 dB.



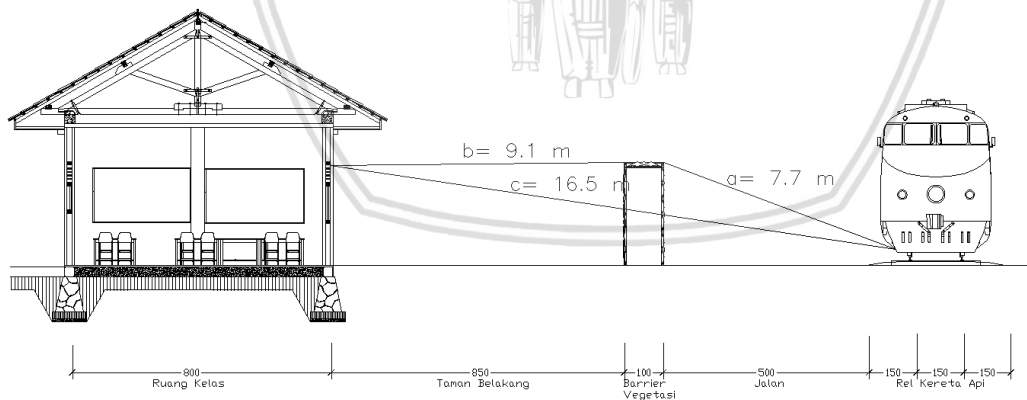
Gambar 4.80 Hasil Reduksi *barrier* ruang kelas 5

Pada ruang kelas 5 memiliki jarak *a* sepanjang 7.7 cm, *b* sepanjang 8.8 cm dan *c* sepanjang 16.3 cm. Sehingga δ (*path different*) didapatkan :

$$\delta = 7.7 + 8.8 - 16.3$$

$$= 0.2 \text{ m}$$

Disesuaikan dengan grafik *Formula Department of Transport, UK* apabila *path different* maka kebisingan dapat direduksi 11.5 dB.



Gambar 4.81 Hasil Reduksi *barrier* ruang kelas 6

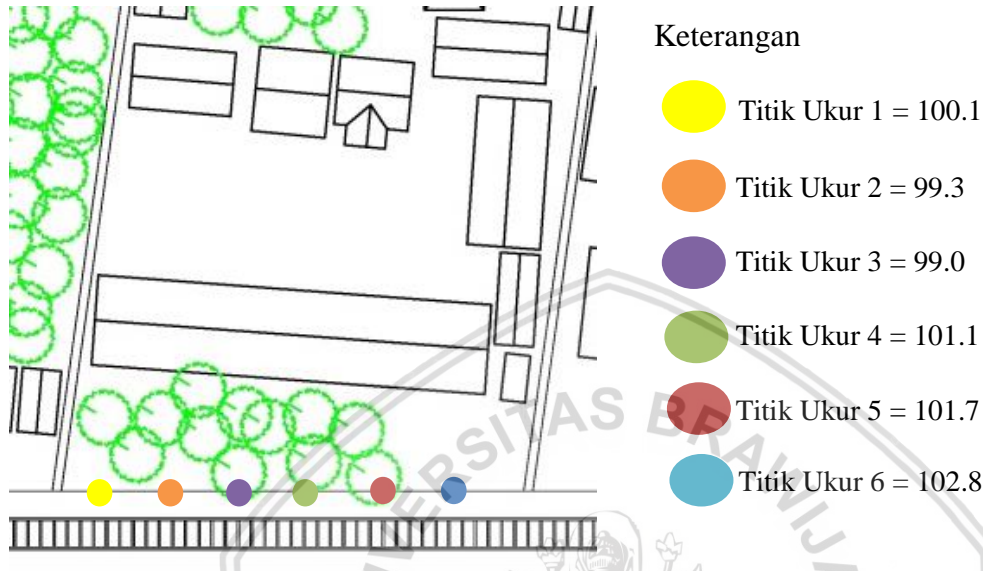
Pada ruang kelas 6 memiliki jarak *a* sepanjang 7.7 cm, *b* sepanjang 9.1 cm dan *c* sepanjang 16.5 cm. Sehingga δ (*path different*) didapatkan :

$$\delta = 7.7 + 9.1 - 16.5$$

$$= 0.3 \text{ m}$$

Disesuaikan dengan grafik *Formula Department of Transport, UK* apabila *path different* maka kebisingan dapat direduksi 12 dB.

4.10.3 Tingkat Kebisingan Ketika Kereta Api Melintas



Gambar 4.82 Titik ukur kebisingan ketika kereta api melintas

Penghitungan ini untuk mengetahui intensitas kebisingan pada ruang kelas 1 s/d 6 setelah diberi rekomendasi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kkg serta mengalami reduksi dari *barrier* dan vegetasi. Penghitungan ini pada saat kereta api dalam keadaan melintas untuk membandingkan dengan standard tingkat kebisingan pada ruang kelas.

A. *Sound Reduction* pada ruang kelas 1 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 1 *sound reduction* didapatkan dari perhitungan selisih kebisingan eksternal di luar *barrier* dengan *barrier* reduksi dan sri material dinding samping. Dari hasil pengukuran kebisingan eksternal pada titik ukur 6 adalah 102.8 dB Berikut hasil tingkat kebisingan setelah dihitung :

Tabel 4.42

Intensitas Akhir Kebisingan pada ruang kelas 1

| Kebisingan Awal | <i>Barrier Reduction</i> | SRI Material | Intensitas Kebisingan Akhir |
|-----------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|
| 102.8 dB | 9 dB | 39.26 dB | 54.54 dB |

Pada ruang kelas 1 memiliki tingkat kebisingan rerata 82.93 dB. Setelah di beri rekomendasi material panel akustik memiliki tingkat kebisingan 54.54 dB dengan kondisi kereta api melintas. Selisih sebelum dan sesudah diberi rekomendasi pada ruangan tersebut adalah 28.39 dB. Sehingga pada ruangan kelas 1 tersebut hanya mampu mereduksi 34.02% dengan panel daur ulang tersebut.

B. *Sound Reduction* pada ruang kelas 2 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 2 *sound reduction* didapatkan dari perhitungan selisih kebisingan eksternal di luar barrier dengan barrier reduksi dan sri material dinding samping. Dari hasil pengukuran kebisingan eksternal pada titik ukur 5 adalah 101.7 dB Berikut hasil tingkat kebisingan setelah dihitung :

Tabel 4.43

Intensitas Akhir Kebisingan pada ruang kelas 2

| Kebisingan Awal | <i>Barrier Reduction</i> | SRI Material | Intensitas Kebisingan Akhir |
|------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 101.7 dB | 10 dB | 39.26 dB | 52.44 dB |

Pada ruang kelas 2 memiliki tingkat kebisingan rerata 83.25 dB. Setelah di beri rekomendasi material panel akustik memiliki tingkat kebisingan 52.44 dB dengan kondisi kereta api melintas. Selisih sebelum dan sesudah diberi rekomendasi pada ruangan tersebut adalah 30.81 dB. Sehingga pada ruangan kelas 2 tersebut hanya mampu mereduksi 37.00% dengan panel daur ulang tersebut.

C. *Sound Reduction* pada ruang kelas 3 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 3 *sound reduction* didapatkan dari perhitungan selisih kebisingan eksternal di luar barrier dengan barrier reduksi dan sri material dinding samping. Dari hasil pengukuran kebisingan eksternal pada titik ukur 4 adalah 101.7 dB Berikut hasil tingkat kebisingan setelah dihitung :

Tabel 4.44

Intensitas Akhir Kebisingan pada ruang kelas 3

| Kebisingan Awal | <i>Barrier Reduction</i> | SRI Material | Intensitas Kebisingan Akhir |
|------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 101.1 dB | 10 dB | 39.26 dB | 51.84 dB |

Pada ruang kelas 3 memiliki tingkat kebisingan rerata 83.7 dB. Setelah di beri rekomendasi material panel akustik memiliki tingkat kebisingan 51.84 dB dengan kondisi kereta api melintas. Selisih sebelum dan sesudah diberi rekomendasi pada ruangan tersebut adalah 31.86 dB. Sehingga pada ruangan kelas 3 tersebut hanya mampu mereduksi 38.06% dengan panel daur ulang tersebut.

D. *Sound Reduction* pada ruang kelas 4 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 4 *sound reduction* didapatkan dari perhitungan selisih kebisingan eksternal di luar barrier dengan barrier reduksi dan sri material dinding samping. Dari hasil pengukuran kebisingan eksternal pada titik ukur 3 adalah 99.0 dB Berikut hasil tingkat kebisingan setelah dihitung :

Tabel 4.45

Intensitas Akhir Kebisingan pada ruang kelas 4

| Kebisingan Awal | <i>Barrier Reduction</i> | SRI Material | Intensitas Kebisingan Akhir |
|------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 99.0 dB | 11.5 dB | 39.26 dB | 48.24 dB |

Pada ruang kelas 4 memiliki tingkat kebisingan rerata 83.9 dB. Setelah di beri rekomendasi material panel akustik memiliki tingkat kebisingan 48.24 dB dengan kondisi kereta api melintas. Selisih sebelum dan sesudah diberi rekomendasi pada ruangan tersebut adalah 35.66 dB. Sehingga pada ruangan kelas 4 tersebut hanya mampu mereduksi 42.50% dengan panel daur ulang tersebut.

E. *Sound Reduction* pada ruang kelas 5 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 5 *sound reduction* didapatkan dari perhitungan selisih kebisingan eksternal di luar barrier dengan barrier reduksi dan sri material dinding samping. Dari hasil pengukuran kebisingan eksternal pada titik ukur 2 adalah 99.3 dB Berikut hasil tingkat kebisingan setelah dihitung :

Tabel 4.46

Intensitas Akhir Kebisingan pada ruang kelas 5

| Kebisingan Awal | <i>Barrier Reduction</i> | SRI Material | Intensitas Kebisingan Akhir |
|------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 99.3 dB | 11.5 dB | 47.07 dB | 40.73 dB |

Pada ruang kelas 5 memiliki tingkat kebisingan rerata 85.17 dB. Setelah di beri rekomendasi material panel akustik memiliki tingkat kebisingan 40.73 dB dengan kondisi kereta api melintas. Selisih sebelum dan sesudah diberi rekomendasi pada ruangan tersebut adalah 44.44 dB. Sehingga pada ruangan kelas 5 tersebut hanya mampu mereduksi 52.17% dengan panel daur ulang tersebut.

F. *Sound Reduction* pada ruang kelas 6 ketika kereta api melintas

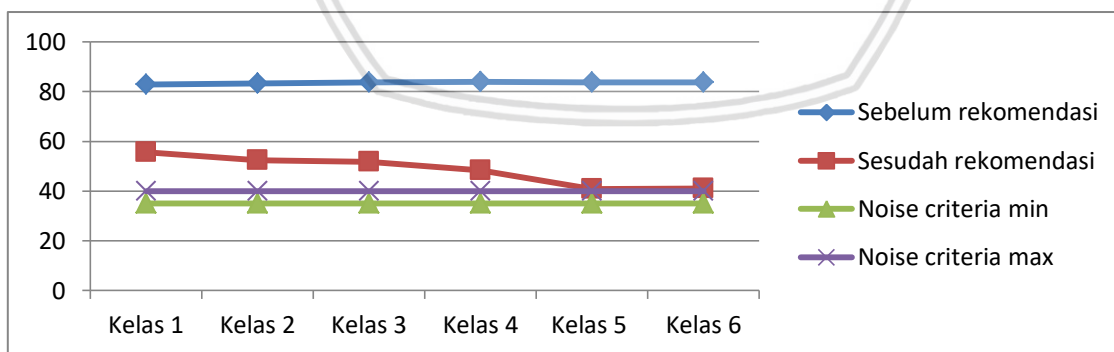
Pada ruang kelas 6 *sound reduction* didapatkan dari perhitungan selisih kebisingan eksternal di luar barrier dengan barrier reduksi dan sri material dinding samping. Dari hasil pengukuran kebisingan eksternal pada titik ukur 1 adalah 100.1 dB Berikut hasil tingkat kebisingan setelah dihitung :

Tabel 4.47

Intensitas Akhir Kebisingan pada ruang kelas 6

| Kebisingan Awal | <i>Barrier Reduction</i> | SRI Material | Intensitas Kebisingan Akhir |
|-----------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|
| 100.1 dB | 12 dB | 47.07 dB | 41.03 dB |

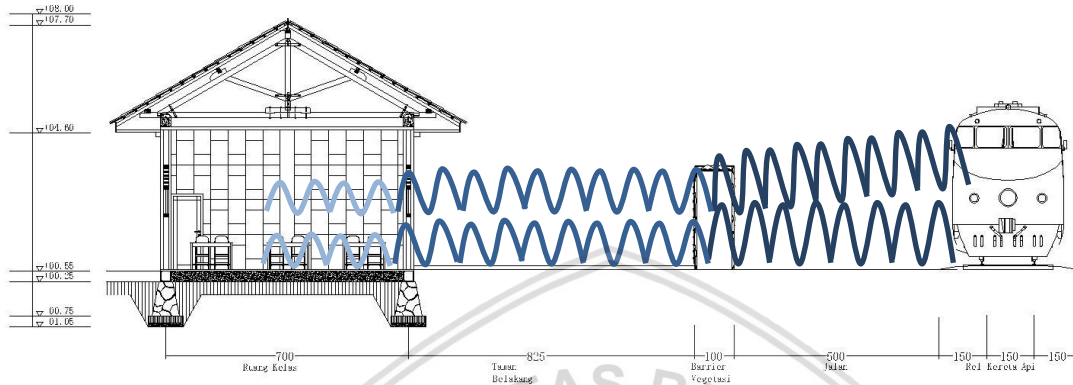
Pada ruang kelas 5 memiliki tingkat kebisingan rerata 85.9 dB. Setelah di beri rekomendasi material panel akustik memiliki tingkat kebisingan 41.03 dB dengan kondisi kereta api melintas. Selisih sebelum dan sesudah diberi rekomendasi pada ruangan tersebut adalah 44.87 dB. Sehingga pada ruangan kelas 5 tersebut hanya mampu mereduksi 52.23% dengan panel daur ulang tersebut.



Gambar 4.83 Grafik *Sound Reduction* pada ruang kelas

Berdasarkan hasil grafik diatas menunjukkan bahwa sebelum direkomendasi melewati batas ambang standard kebisingan pada ruang kelas. Akan tetapi ketika sesudah direkomendasi hasil grafik menunjukkan mengalami penurunan. Pada ruang kelas 1 s/d 4

mengalami penurunan 33% s/d 42%, secara standard pada ruang kelas ini masih belum memenuhi standard tingkat kebisingan pada ruang kelas. Sedangkan pada ruang kelas 5 dan 6 mengalami penurunan 52%, secara standard pada ruang kelas ini belum memenuhi standard tingkat kebisingan ketika kereta api melintas walau mampu mereduksi lebih dari 50%.



Gambar 4.84 Rambatan suara bising dari ruang luar menuju ruang kelas setelah diberi panel akustik

Dilihat dari potongan ketika kereta api melintas sumber kebisingan berasal dari gesekan roda kereta api dengan rel dan suara klakson dari kereta api ketika memasuki rumah warga. Sehingga terdapat 2 suara rambatan yang dihasilkan ketika kereta api melintas. Dilihat dari rambatannya, suara bising yang berasal dari gesekan roda kereta api ketika melintas mampu diredam dengan barrier vegetasi yang berjarak 5 meter terhadap rel kereta. Setelah diberi rekomendasi dengan meninggikan barrier hingga 3 meter, suara bising yang berasal dari klakson kereta api mampu diredam dengan barrier vegetasi. Selanjutnya rambatan suara menuju kedalam kelas diredam oleh panel akustik yang bersifat absorptif, dinding batu bata dan jendela kaca. Sehingga suara yang direduksi cukup besar dibandingkan sebelum diberi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang.

4.11. Rekomendasi Panel Akustik pada interior

Untuk mengatasi masalah kebisingan pada interior (ruang dalam) maka dapat memberikan rekomendasi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang, kemudian melakukan penghitungan *signal noise to ratio* untuk mengetahui tingkat kejelasan dalam bercakap. Selain itu melakukan penghitungan *reverberation time* (waktu dengung) untuk mengetahui cepat atau lambatnya bunyi menghilang pada suatu ruang. Dari hasil rekomendasi tersebut maka didapat nilai *signal noise to ratio* dan *reverberation time* yang akan disesuaikan dengan standar pada ruang kelas.

4.11.1 *Signal to Noise Ratio* setelah rekomendasi

Penghitungan ini untuk mengetahui *signal noise to ratio* pada ruang kelas 1 s/d 6 setelah diberi rekomendasi panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kkg serta mengalami reduksi dari *barrier* dan vegetasi. Penghitungan ini didapatkan dari selisih intensitas suara guru yaitu 70 dB dan Intensitas akhir sumber kebisingan setelah diberi rekomendasi.

A. *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 1 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 1 setelah diberi rekomendasi panel akustik tingkat kebisingan ketika kereta api melintas adalah 54.54 dB. Maka SNR pada ruang kelas 1 apabila intensitas suara sumber guru 70 dB adalah 15.46 dB. Hal ini sudah sesuai dengan parameter SNR yaitu melebihi +15 dB.

B. *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 2 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 2 setelah diberi rekomendasi panel akustik tingkat kebisingan ketika kereta api melintas adalah 52.44 dB. Maka SNR pada ruang kelas 2 apabila intensitas suara sumber guru 70 dB adalah 17.56 dB. Hal ini sudah sesuai dengan parameter SNR yaitu melebihi +15 dB.

C. *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 3 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 3 setelah diberi rekomendasi panel akustik tingkat kebisingan ketika kereta api melintas adalah 51.84 dB. Maka SNR pada ruang kelas 3 apabila intensitas suara sumber guru 70 dB adalah 18.16 dB. Hal ini sudah sesuai dengan parameter SNR yaitu melebihi +15 dB.

D. *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 4 ketika kereta api melintas

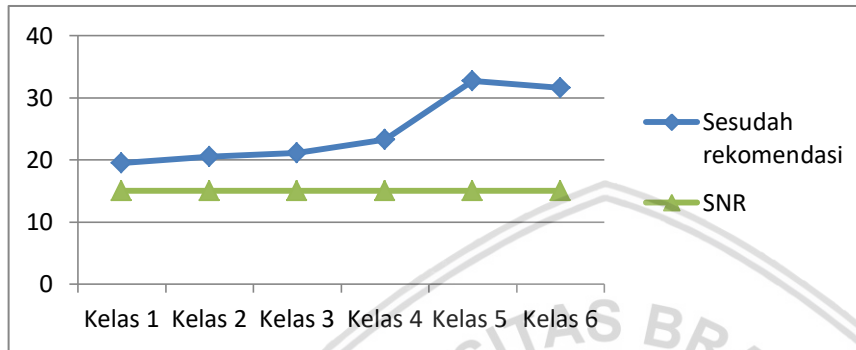
Pada ruang kelas 4 setelah diberi rekomendasi panel akustik tingkat kebisingan ketika kereta api melintas adalah 48.24 dB. Maka SNR pada ruang kelas 4 apabila intensitas suara sumber guru 70 dB adalah 21.76 dB. Hal ini sudah sesuai dengan parameter SNR yaitu melebihi +15 dB.

E. *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 5 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 5 setelah diberi rekomendasi panel akustik tingkat kebisingan ketika kereta api melintas adalah 42.23 dB. Maka SNR pada ruang kelas 5 apabila intensitas suara sumber guru 70 dB adalah 29.27 dB. Hal ini sudah sesuai dengan parameter SNR yaitu melebihi +15 dB.

F. *Signal to Noise Ratio* pada ruang kelas 6 ketika kereta api melintas

Pada ruang kelas 6 setelah diberi rekomendasi panel akustik tingkat kebisingan ketika kereta api melintas adalah 41.03 dB. Maka SNR pada ruang kelas 6 apabila intensitas suara sumber guru 70 dB adalah 28.97 dB. Hal ini sudah sesuai dengan parameter SNR yaitu melebihi +15 dB.



Gambar 4.85 Grafik SNR pada ruang kelas

Berdasarkan grafik diatas keseluruhan ruang 1 s/d 6 sudah memenuhi standard yaitu sudah melebihi +15 dB. Sehingga ketika kereta api melintas suara guru dapat terdengar dengan jelas.

4.11.2 Penghitungan *Reverberation Time* Setelah Diberi Rekomendasi

Penghitungan ini dilakukan dengan menggunakan rekomendasi yang sudah terpilih berdasarkan simulasi yaitu kombinasi material sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg).

A. *Reverberation time* ruang kelas 1 dan 4 setelah diberi rekomendasi

Penghitungan *reverberation time* untuk mengetahui cepat atau lambatnya suara yang menghilang setelah diberi rekomendasi dan membandingkan pada standard waktu dnegung yang telah ditetapkan yaitu pada ruang kelas 0.6 – 0.8s. Pengukuran ini dilakukan pada saat kelas dalam keadaan kosong (tidak ada penghuni) untuk mengetahui nilai waktu dengung murni dari ruangan tersebut tanapa ada manusia. Penghitungan ini hanya difokuskan pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz

Tabel 4.48

Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4 setelah rekomendasi

| Jenis Material | Luas (m ²) | Koefisien penyerapan material (α) | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------|---------|
| | | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 56.46 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 57.17 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Plafond gypsum | 56.46 | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Kusen kayu | 9.07 | 0.10 | 0.07 | 0.06 |
| Papan tulis | 7.68 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 8.67 | 0.18 | 0.12 | 0.07 |
| Pintu kayu | 1.86 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| Kursi kayu | 84.6 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Kursi guru kayu | 1.12 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja kayu | 61.2 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja guru kayu | 3.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Panel akustik sabut kelapa | 38.00 | 0.36 | 0.62 | 0.78 |
| Panel akustik kotak karton gelombang | 38.00 | 0.35 | 0.39 | 0.70 |

Tabel 4.49

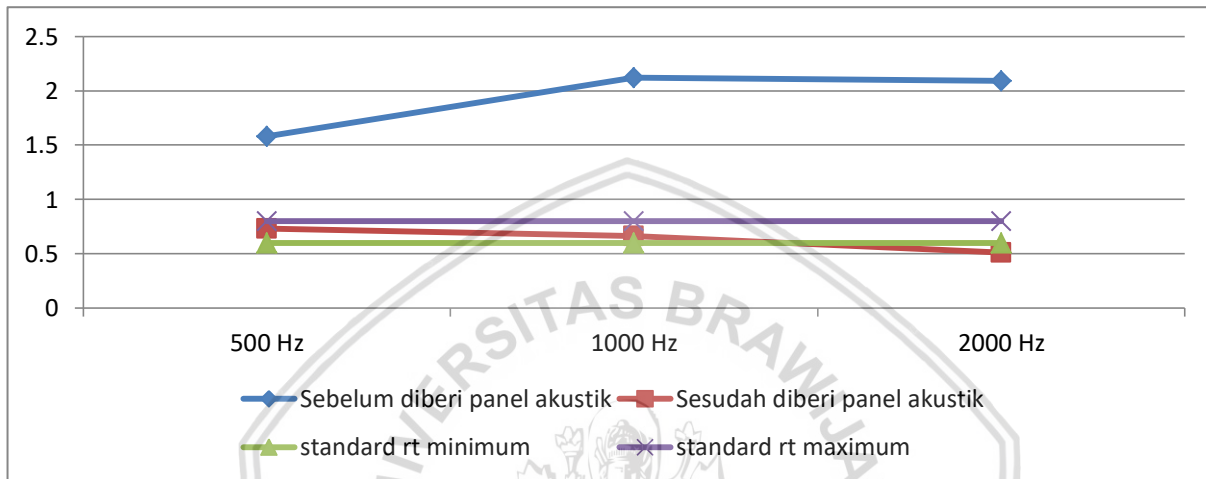
Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 1 dan 4 setelah rekomendasi

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 0.56 | 0.56 | 0.13 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 1.14 | 1.14 | 1.14 |
| Plafond gypsum | 2.82 | 2.26 | 3.95 |
| Kusen kayu | 0.91 | 0.63 | 0.54 |
| Papan tulis | 0.08 | 0.08 | 0.15 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 1.56 | 1.04 | 0.61 |
| Pintu kayu | 0.17 | 0.13 | 0.11 |
| Kursi kayu | 8.46 | 5.92 | 5.08 |
| Kursi guru kayu | 0.11 | 0.08 | 0.07 |
| Meja kayu | 6.12 | 4.28 | 3.67 |
| Meja guru kayu | 0.33 | 0.23 | 0.20 |
| Panel akustik sabut kelapa | 13.68 | 23.56 | 29.64 |
| Panel akustik kotak karton gelombang | 13.30 | 14.82 | 26.60 |
| Total | 49.81 | 55.31 | 71.20 |

Tabel 4.50

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 1 dan 4 dalam keadaan kosong setelah rekomendasi

| Waktu dengung | | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{49.81}$ $= 0.73 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{55.31}$ $= 0.66 \text{ detik}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{71.20 + (0.007 \times 225.84)}$ $= 0.51 \text{ detik}$ |



Gambar 4.86 Grafik waktu dengung pada ruang kelas 1 dan 4 setelah diberi rekomendasi

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan pada saat ruang kelas sebelum diberi panel dan setelah diberi panel nilai waktu dengung memiliki penurunan yang cukup banyak. Sehingga pada ruang kelas tersebut tidak ada yang melebihi standard yaitu 0.8 detik. Hanya pada 2000 Hz di bawah 0.6 detik akan tetapi masih dapat ditolerir karena ≥ 0.50 detik. Secara rerata nilai waktu dengung pada ruang kelas ini adalah 0.63 detik. Hal ini sudah sesuai dengan standar waktu dengung yaitu 0.6 – 0.8 detik.

B. Reverberation time ruang kelas 2 dan 3 setelah diberi rekomendasi

Penghitungan *reverberation time* untuk mengetahui cepat atau lambatnya suara yang menghilang setelah diberi rekomendasi dan membandingkan pada standard waktu dengung yang telah ditetapkan yaitu pada ruang kelas 0.6 – 0.8s. Pengukuran ini dilakukan pada saat kelas dalam keadaan kosong (tidak ada penghuni) untuk mengetahui nilai waktu dengung murni dari ruangan tersebut tanpa ada manusia. Penghitungan ini hanya difokuskan pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz

Tabel 4.51

Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 2 dan 3 setelah rekomendasi

| Jenis Material | Luas (m ²) | Koefisien penyerapan material (α) | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------|---------|
| | | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 56.46 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 55.28 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Plafond gypsum | 56.46 | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Kusen kayu | 9.38 | 0.10 | 0.07 | 0.06 |
| Papan tulis | 7.68 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 8.67 | 0.18 | 0.12 | 0.07 |
| Pintu kayu | 3.40 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| Kursi kayu | 90.24 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Kursi guru kayu | 1.12 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja kayu | 65.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja guru kayu | 3.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Panel akustik sabut kelapa | 38.00 | 0.36 | 0.62 | 0.78 |
| Panel akustik kotak karton gelombang | 38.00 | 0.35 | 0.39 | 0.70 |

Tabel 4.52

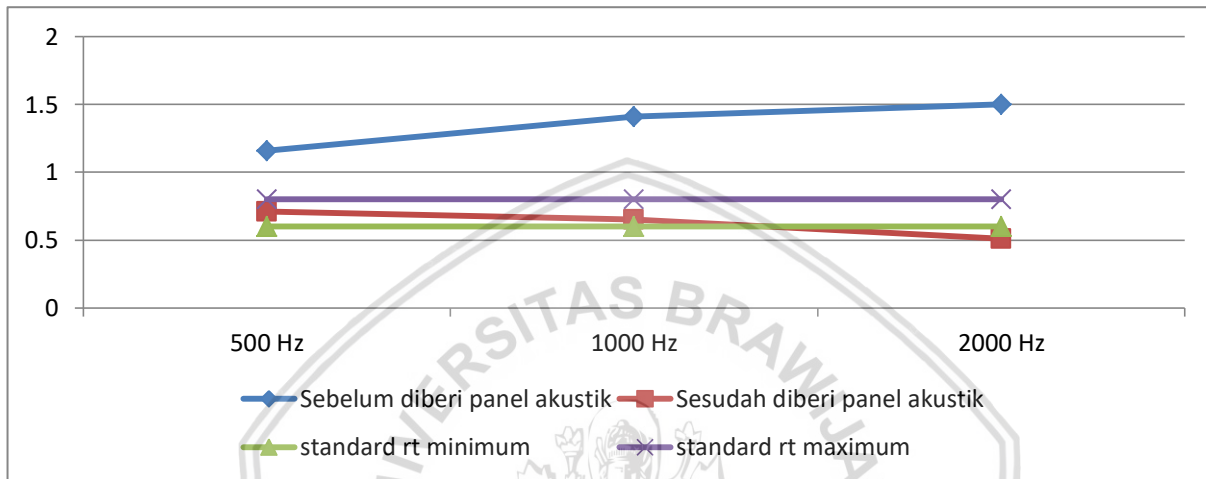
Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 2 dan 3 setelah rekomendasi

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 0.56 | 0.56 | 0.13 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 1.11 | 1.11 | 1.11 |
| Plafond gypsum | 2.82 | 2.26 | 3.95 |
| Kusen kayu | 0.94 | 0.66 | 0.56 |
| Papan tulis | 0.08 | 0.08 | 0.15 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 1.56 | 1.04 | 0.61 |
| Pintu kayu | 0.31 | 0.24 | 0.20 |
| Kursi kayu | 9.02 | 6.32 | 5.41 |
| Kursi guru kayu | 0.11 | 0.08 | 0.07 |
| Meja kayu | 6.53 | 4.57 | 3.92 |
| Meja guru kayu | 0.33 | 0.23 | 0.20 |
| Panel akustik sabut kelapa | 13.68 | 23.56 | 29.64 |
| Panel akustik kotak karton gelombang | 13.30 | 14.82 | 26.60 |
| Total | 50.91 | 56.08 | 71.86 |

Tabel 4.53

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 2 dan 3 dalam keadaan kosong setelah rekomendasi

| Waktu dengung | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 225.84}{50.91}$ $= \mathbf{0.71 \text{ detik}}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{56.08}$ $= \mathbf{0.65 \text{ detik}}$ | $R = \frac{0.16 \times 225.84}{71.86 + (0.007 \times 225.84)}$ $= \mathbf{0.51 \text{ detik}}$ |



Gambar 4.87 Grafik waktu dengung pada ruang kelas 2 dan 3 setelah diberi rekomendasi

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan pada saat ruang kelas sebelum diberi panel dan setelah diberi panel nilai waktu dengung memiliki penurunan yang cukup banyak. Sehingga pada ruang kelas tersebut tidak ada yang melebihi standard yaitu 0.8 detik. Hanya pada 2000 Hz di bawah 0.6 detik akan tetapi masih dapat ditolerir karena ≥ 0.50 detik. Secara rerata nilai waktu dengung pada ruang kelas ini adalah 0.67 detik. Hal ini sudah sesuai dengan standar waktu dengung yaitu 0.6 – 0.8 detik.

C. *Reverberation time* ruang kelas 5 dan 6 setelah diberi rekomendasi

Penghitungan *reverberation time* untuk mengetahui cepat atau lambatnya suara yang menghilang setelah diberi rekomendasi dan membandingkan pada standard waktu dnegung yang telah ditetapkan yaitu pada ruang kelas 0.6 – 0.8s. Pengukuran ini dilakukan pada saat kelas dalam keadaan kosong (tidak ada penghuni) untuk mengetahui nilai waktu dengung murni dari ruangan tersebut tanapa ada manusia. Penghitungan ini hanya difokuskan pada frekuensi 500 Hz, 1000 Hz, dan 2000 Hz

Tabel 4.54

Luas permukaan material dan koefisien penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6 setelah rekomendasi

| Jenis Material | Luas (m ²) | Koefisien penyerapan material (α) | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------|---------|
| | | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 64.46 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 69.48 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Plafond gypsum | 64.46 | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Kusen kayu | 7.89 | 0.10 | 0.07 | 0.06 |
| Papan tulis | 7.68 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 7.61 | 0.18 | 0.12 | 0.07 |
| Pintu kayu | 1.86 | 0.09 | 0.07 | 0.06 |
| Kursi kayu | 84.60 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Kursi guru kayu | 1.12 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja kayu | 61.20 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Meja guru kayu | 3.28 | 0.10 | 0.12 | 0.12 |
| Panel akustik sabut kelapa | 39.15 | 0.36 | 0.62 | 0.78 |
| Panel akustik kotak karton gelombang | 39.15 | 0.35 | 0.39 | 0.70 |

Tabel 4.55

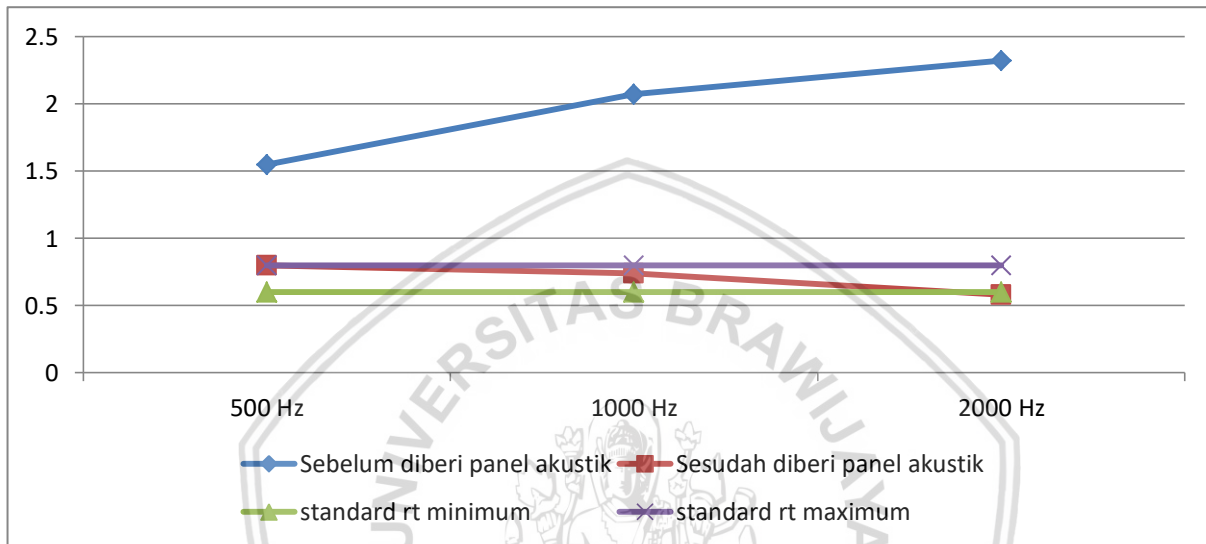
Penghitungan total kemampuan penyerapan bunyi pada ruang kelas 5 dan 6 setelah rekomendasi

| Jenis Material | Kemampuan penyerapan bunyi material (A) | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
| | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| Lantai Keramik | 0.64 | 0.64 | 0.64 |
| Dinding batu bata dipleser dan dicat | 1.39 | 1.39 | 1.39 |
| Plafond gypsum | 3.23 | 2.57 | 4.51 |
| Kusen kayu | 0.79 | 0.55 | 0.47 |
| Papan tulis | 0.08 | 0.08 | 0.15 |
| Jendela kaca ketebalan 5 mm | 1.37 | 0.91 | 0.53 |
| Pintu kayu | 0.17 | 0.13 | 0.11 |
| Kursi kayu | 8.46 | 5.92 | 5.08 |
| Kursi guru kayu | 0.11 | 0.08 | 0.07 |
| Meja kayu | 6.12 | 4.28 | 3.67 |
| Meja guru kayu | 0.33 | 0.23 | 0.20 |
| Panel akustik sabut kelapa | 14.09 | 24.27 | 30.54 |
| Panel akustik kotak karton gelombang | 13.70 | 15.27 | 27.41 |
| Total | 50.48 | 56.34 | 72.19 |

Tabel 4.56

Penghitungan waktu dengung di ruang kelas 5 dan 6 dalam keadaan kosong setelah rekomendasi

| Waktu dengung | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| $R = \frac{0.16 \times 257.84}{50.48}$ $= \mathbf{0.80 \text{ detik}}$ | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{56.34}$ $= \mathbf{0.74 \text{ detik}}$ | $R = \frac{0.16 \times 257.84}{72.19 + (0.007 \times 257.84)}$ $= \mathbf{0.58 \text{ detik}}$ |



Gambar 4.88 Grafik waktu dengung pada ruang kelas 5 dan 6 setelah diberi rekomendasi

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan pada saat ruang kelas sebelum diberi panel dan setelah diberi panel nilai waktu dengung memiliki penurunan yang cukup banyak. Sehingga pada ruang kelas tersebut tidak ada yang melebihi standard yaitu 0.8 detik. Hanya pada 2000 Hz di bawah 0.6 detik akan tetapi masih dapat ditolerir karena ≥ 0.50 detik. Secara rerata nilai waktu dengung pada ruang kelas ini adalah 0.71 detik. Hal ini sudah sesuai dengan standar waktu dengung yaitu 0.6 – 0.8 detik.

4.12. Parameter STC pada material panel akustik

Berdasarkan hasil *sound transmission class* pada ruang kelas memiliki beragam penurunan. Pada ruang kelas 1 s/d 4 mengalami penurunan sebesar 39.26 dB menurut parameter STC dengan penurunan ini sudah baik untuk mereduksi suara. Sedangkan pada ruang kelas 5 s/d 6 mengalami penurunan sebesar 47.07 dB menurut parameter STC pada ruang kelas ini sudah sangat baik dalam mereduksi suara.

Perbedaan hasil parameter STC ini dikarenakan luas permukaan panel akustik yang direkomendasi. Pada ruang kelas 5 s/d 6 memiliki luas permukaan panel akustik yang tinggi dibandingkan dengan ruang kelas 1 s/d 4.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada Sekolah SD 02 Negeri Jatiguwi, Kabupaten Malang memiliki permasalahan utama terkait kebisingan yang berasal dari eksternal yaitu suara bising dari rel kereta api ketika melintas. Dimana jarak sekolah dengan perlintasan rel kereta api yaitu 15 meter. Permasalahan kebisingan tersebut yang terjadi pada ruang kelas membutuhkan penanganan dikarenakan hal ini berdampak dari konsentrasi belajar pada siswa. Selain secara eksternal, pada ruang kelas ini mengalami permasalahan secara internal yaitu pelingkup bangunan yang bersifat memantul mengakibatkan tingkat waktu dengung yang tinggi dan kejelasan dalam bercakap yang rendah. Hasil penanganan kebisingan menggunakan material daur ulang melalui pemanfaatan kombinasi sabut kelapa dan kkg menjadi panel akustik yang bersifat absorptif sebagian dari upaya untuk mengatasi masalah kebisingan, waktu dengung dan kejelasan dalam bercakap. Pada dasarnya penelitian ini untuk memberikan gambaran bahwa untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat ditempuh melalui cara alternatif dengan memanfaatkan sampah daur ulang yang ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada desain akustik eksisting pada ruang kelas berdasarkan *background noise level* pada ruang kelas ketika kereta api melintas belum memenuhi standard tingkat kebisingan yaitu pada ruang kelas 1 memiliki 82.93 dB, kelas 2 memiliki 83.25 dB, kelas 3 memiliki tingkat kebisingan 83.7 dB, kelas 4 memiliki tingkat kebisingan 83.9 dB, kelas 5 memiliki tingkat kebisingan 83.6 dB, dan kelas 6 memiliki tingkat kebisingan 83.8 dB. Keseluruhan kelas melebihi ambang batas standar kebisingan pada ruang kelas yaitu 30 – 40 dB. Sedangkan pada saat kereta api tidak melintas sudah memenuhi standard.

2. Sama halnya pada waktu dengung pada ruang kelas ini masih belum memenuhi standard yaitu melebihi retang waktu 0.6 – 0.8s. Pada ruang kelas 1 dan 4 memiliki RT_{60} 2.09 detik, ruang kelas 2 dan 3 memiliki RT_{60} 1.50 detik, ruang kelas 5 dan 6 memiliki RT_{60} 2.32 detik
3. Pada parameter *SNR* masih belum memenuhi kriteria yaitu +15 dB. Keseluruhan kelas memiliki nilai *SNR* dibawah +15 dB.dikarenakan sumber kebisingan melebihi dari intensitas sumber sinyal.
4. Untuk mengatasi masalah akustik pada ruang luar (ekterior) maka diberikan rekomendasi panel akustik dan ketinggian barrier maka didapatkan intensitas akhir tingkat kebisingan pada ruang kelas 1 yaitu 54.54 dB, kelas 2 yaitu 52.44 dB, kelas 3 yaitu 51.84 dB, Kelas 4 yaitu 48.24 dB, Kelas 5 yaitu 40.73 dB, dan kelas 6 yaitu 41.03 dB. Secara presentase pada ruang kelas 1 s.d 4 mampu mengurangi 33% s/d 42% dari tingkat kebisingan awal. Akan tetapi belum optimal, melainkan belum memenuhi standar ruang kelas yaitu 30 – 40 dB. Sedangkan pada kelas 5 dan 6 mampu mengurangi diatas 50% dari tingkat kebisingan awal. Akan tetapi pada kelas ini belum memenuhi tingkat kebisingan pada ruang kelas.
5. Untuk mengatasi masalah akustik pada ruang dalam (interior) maka diberikan rekomendasi panel akustik dengan perletakan sesuai acuan pada tinjauan pustaka maka didapatkan waktu dengung ketika diberi rekomendasi berupa panel akustik kombinasi sabut kelapa dan kotak karton gelombang (kkg) sudah memenuhi standard. Secara rerata nilai waktu dengung pada ruang kelas 1 dan 4 0.63 detik, pada ruang kelas 2 dan 3 memiliki nilai 0,67 detik, serta pada ruang kelas 5 dan 6 memiliki 0,71 detik. Hal ini sudah sesuai dengan kriteria desain akustik pada ruang kelas 0.6 – 0.8 detik.
6. Pada parameter *SNR* sudah memenuhi standard memiliki nilai lebih dari +15 dB. Pada ruang kelas 1 memiliki nilai +15.46 dB, kelas 2 memiliki nilai +17.56 dB, kelas 3 memiliki nilai +18.16 dB, kelas 4 memiliki nilai +21.76 dB, kelas 5 memiliki nilai +29.27 dB, serta kelas 6 memiliki nilai +28.97 dB dB.Sehingga suara guru akan dapat terdengar jelas apabila kereta api melintas.

7. Secara parameter STC pada ruang kelas 1 s/d 4 sudah baik untuk mereduksi kebisingan karena hasil STC yang diberikan sebesar 39.26 dB. Sedangkan kelas 5 dan 6 sudah sangat baik untuk mereduksi kebisingan karena hasil STC yang diberikan sebesar 47.07 dB.

5.2. Saran

Hasil eksperimen dalam penelitian menunjukkan kemampuan akustik baik dan biaya produksi yang rendah. Penelitian ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut. pengembangan panel akustik dari sampah sabut kelapa dan KKG dapat lebih luas dalam kaitannya dengan fungsi ruangan interior, diantaranya adalah:

- 1) Bagi peneliti selanjutnya dapat mengembangkan panel akustik yang ramah lingkungan yang mampu optimal dalam mereduksi kebisingan.
- 2) Selain itu dapat memberikan wawasan terkait bahan material yang mampu mereduksi kebisingan terutama yang memiliki masalah yang sama dalam hal kebisingan di dekat perlintasan rel kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

- European Accoustic Association. (2012). *Proposal for The Use of Colours in END Noise Mapping*. Netherlands : EAA
- American National Standards Institute. (2002). *Accoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for School* (SI2.60-2002). Melville, Ney Work : ANSI.
- American Society for Testing Materials. (2016). *Classification for Rating Sound Insulation*. West Conshohocken : ASTM International
- American Speech Language Hearing Association. (2005). *Technical Report : Acoustics in Educational Settings*. The United States of America : American Speech Language Hearing Association. <https://www.asha.org/policy/>. (diakses pada tanggal 28 November 2017)
- Canning, David. (2015). *Accoustics of School : A Design Guide*. United Kingdom : the Institute of Acoustics and the Association of Noise Consultants.
- Ching, F.D.K. (2007). *Form, Space, and Order*. New York : John Wiley and Sons
- Cox, T.J. & D'Antonio, P. (2009). *Acoustics Absorbers and Diffusers : Theory, Design and Application 2nd edition*. London : Taylor & Francis.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2016). *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa*. Jakarta : Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan
- Djunaedi, E. (2003). *Akustik Untuk Gedung Sekolah*. Jakarta : Pikiran Rakyat.
- Doelle, Leslie L. 1993. *Akustik Lingkungan*. Erlangga. Jakarta
- Egan, M. David. 1972. *Concepts in architectural acoustics*. New York : McGraw – Hill Book Company, Inc.
- Felder, R.M. & Silverman, L.K. (1988). Learning and Teaching Style In Engineering Education. *Engineering Education*. 78 : 64 – 81.
- Hawari, Firman. (2015). Kajian Kelayakan Dry Leaf Board sebagai Material Akustik untuk Ruang Hunian. *Jurnal Desain Interior*. 1 (I):35-40

- ISO 16283-1. (2016). *Accoustic Field Meausrement of Sound Insulation in Buildings and of Building Element Part 1 Aribone Sound Insulation*. United Kingdom : International Organization for Standardization.
- Japanesestation. (2014). *Danbocchi, Ruang Kedap Suara Portabel dari Kardus Buatan Jepang*. <https://japanesestation.com>. (diakses pada tanggal 28 November 2017).
- Kaharuddin dan Arif Kusumawanto. 2011.*Rekayasa Material Akustik dalam Desain Bangunan*. Yogyakarta: Forum Teknik. Vol. 34,No. 1:8-15.
- Kang, J. 2007. *Urban Sound Environment*. Taylor and Francis. London.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 48/ MENLAH/11/1996 tahun 1996.
- Khuriati,Annie, Eko Komaruddin, & Muhammad Nur. (2006). Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya. *Berkala Fisika*. 9(I): 43 – 53.
- Kurniawan, Oki, Pribadi Widodo & Andriyanto Wibisono. (2015). Eksperimen Perancangan Kemampuan Daya Serap Panel Akustik dari Sampah Kotak Karton Gelombang. *Jurnal Itenas Rekarupa*. 3(I):1-8.
- Mediastika, Christina E. (2009). *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan*.Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Muhammad, Asri A. (2017). Aplikasi Bahan Akustik Rak Telur sebagai Peredam Kebisingan pada Interior Ruang Kelas Sekolah Dasar. *Jurnal Mitra*. 1(I):18-31
- Mutia, Theresia, Susi Sugesty, Henggar hardiani & Teddy Kardiansyah. (2014). Potensi Serat dan Pulp Bambu untuk Komposit Peredam Suara. *Jurnal Selulosa*. 4(I):25 -36
- Noviandri, Patricia Pahlevi & Centaury Harjani. (2016).Pengolahan Kain Perca Menjadi Sekat Peredam Suara. *Makara, Teknologi*. 15(I):63-67.
- Pedroso,M. (2017). Characterization of Eco-efficient acoustic insulation materials (traditional dan innovative). *Construction and Building Materials*. 140 : 221 - 228
- Pratiwi, Putri. (2017). Pengaruh Orientasi Serat terhadap Redaman Suara Komposit Berpenguat Serat Pinang. *Jurnal Simetris*. 2 (VIII): 813 – 818.

- Rossing, Thomas D. 2007. *Springer handbook of acoustics*. New York: Springer Science + Business Media
- Sarwono, J. (2014). *Dunia Akustik : Pentingnya Akustik untuk Ruang Kelas Anak-anak*. <http://duniaakustik.wordpress.com>. (diakses pada tanggal 28 November 2017).
- Satwiko, P. (2009). *Fisika Bangunan*. Yogyakarta : Penerbit Andi
- SNI 03-6386. (2000). *Spesifikasi Tingkat Bunyi dan Waktu Dengung dalam Bangunan Gedung dan Perumahan*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung : Alfabeta
- Suharjo. (2006). *Mengenal Pendidikan Sekolah Dasar Teori dan Praktek*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Direktorat Ketenagaan.
- Suma'mur.(2009). *Hiegiene Perusahaan dan Keselamatan Kerja*. Jakarta : CV. Sagung Seto.
- Suptandar, J. Pamudji. (2004). *Faktor Akustik dalam Perancangan Interior*. Jakarta : Djambatan
- Tholkappiyan, E.(2015). Modelling of sound absorption properties of sisal reinforced paper pulp composites using regression model. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 40 : 19-24